5

3e série, t. Ve. — 1877. — No 5.



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

(Cette Société, fondée le 17 mars 1830, a été autorisée et reconnue comme établissement d'utilité publique, par ordonnance du roi du 3 avril 1832.)

TROISIÈME SÉRIE

TOME CINQUIÈME

Feuilles 15-19 (29 janvier, 5 février 1877).

PARIS

AU SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

Rue des Grands-Augustins, 7

et chez F. Savy, libraire, boulevard St-Germain, 77

1876 à 1877

Le Bulletin paraît par livraisons mensuelles.

JUILLET 1877



EXTRAIT DU RÈGLEMENT CONSTITUTIF DE LA SOCIÉTÉ

APPROUVÉ PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832.

Art. III. Le nombre des membres de la Société est illimité (1). Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres,

Art. IV. L'administration de la Société est confiée à un Bureau et à un Conseil, dont le Bureau fait essentiellement partie.

Art. V. Le Bureau est composé d'un président, de quatre vice-présidents, de deux secrétaires, de deux vice-secrétaires, d'un trésorier, d'un archiviste.

Art. VI. Le président et les vice-présidents sont élus pour une année ; les secrétaires et les vice-secrétaires, pour deux années ; le trésorier, pour trois années , l'archiviste, pour quatre années.

Art. VII. Aucun fonctionnaire n'est immédiatement rééligible dans les mêmes fonctions.

Art. VIII. Le Conseil est formé de douze membres, dont quatre sont remplacés chaque année.

Art. IX. Les membres du Conseil et ceux du Bureau, sauf le président, sont élus à la majorité absolue. Leurs fonctions sont gratuites.

Art. X. Le président est choisi, à la pluralité, parmi les quatre vice-présidents de l'année précédente. Tous les membres sont appelés à participer à son élection, directement ou par correspondance.

Art. XI. La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet (2).

Art. XII. Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé. Un Bureau sera spécialement organisé par les membres présents à ces réunions.

Art. XIV. Un *Bulletin* périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

Art. XVII. Chaque membre paye : 1° un droit d'entrée, 2° une cotisation annuelle. Le droit d'entrée est fixé à la somme de 20 francs. Ce droit pourra être augmenté par la suite, mais seulement pour les membres à élire. La cotisation annuelle est invariablement fixée à 30 francs. La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement d'une somme fixée par la Société en assemblée générale. (*Décret du 12 décembre* 1873.) (3).

(1) Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation, avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président, et avoir reçu le diplôme de membre de la Société. *(Art. 4 du règlement administratif.)*

(2) Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres. *(Art. 42 du règlement administratif.)*

(3) Cette somme a été fixée à 400 francs. *(Séance du 20 novembre 1871.)*

TABLEAU INDICATIF DES JOURS DE SÉANCE

ANNÉE 1876-1877.

Les séances se tiennent à 8 *heures du soir, rue des Grands-Augustins,* 7

Les 1er et 3e lundis de chaque mois.

Novembre	Décembre	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
6	4	8	5	5	2	7	4
		15			5*		
20	18	29	19	19	16	28	18

* *Séance générale annuelle.*

La bibliothèque de la Société est ouverte aux Membres les lundis, mercredis et vendredis, de 11 à 5 heures.

Les *Éboulis de Gaize*, si fréquents dans l'arrondissement de Vouziers;

Les *Argiles à grès* du Nord, qui recouvrent de larges plateaux entre Bavay, Landrecies et Maubeuge, et qui ne sont autres que le résultat de la destruction des sables tertiaires landeniens, qui, en se disloquant, ont laissé sur place des blocs de grès souvent énormes, lesquels sont noyés dans une argile grise, marbrée de rouge, à pâte fine et compacte, provenant, soit des lits de glaise intercalés dans les sables, soit des roches argilo-sableuses qui existent à la base du même terrain.

On pourrait citer aussi comme représentant cette période, les roches éboulées, quelles qu'elles soient, répandues souvent en forme d'éventail au pied des coteaux.

2° En second lieu viennent les terrains de transport qui occupent le fond de certaines vallées, et qui comprennent des galets arrondis, et par conséquent roulés, associés à des sables de diverses grosseurs ou se présentant quelquefois sous forme de poudingue à pâte calcaire. Les galets sont formés par des roches de la contrée dont les affleurements n'existent en place qu'à des distances souvent assez éloignées, et qui ont été par suite usées et polies par le frottement.

Près de Vieux-lès-Asfeld, dans la vallée de l'Aisne, en pleine craie de Champagne, on trouve, dans le terrain se rapportant à cette seconde période, des galets de calcaire compacte jurassique et même des galets de quartzite mêlés à des silex noirs, à des sables grossiers gris ou verdâtres, et à des marnes blanches. Les assez nombreuses excavations pratiquées dans cette commune par le service de la voirie, ont fait découvrir des ossements fossiles en assez grande abondance. On sait, du reste, que ce *Diluvium* est le principal gisement des restes des grands animaux (Éléphant, Rhinocéros, etc.).

On lui a appliqué l'épithète de *gris*, parce qu'en effet sa teinte générale est blanche ou grise, ou plus généralement de la nuance des matériaux transportés. Mais on n'y remarque pas de rubéfaction prononcée; d'où l'on peut conclure que les courants de cette époque étaient formés aussi par des eaux pures, comme celles de la période précédente.

Le Diluvium gris ne renferme pas seulement des galets, du gravier et des sables, mais aussi des terres glaises et des marnes, comme on le remarque aux environs de Verpel, entre Grandpré et Buzancy (Ardennes), où le courant, dont le passage est marqué depuis Laimont (Meuse) par une traînée de galets calcaires jurassiques, a rencontré et désagrégé les roches du Greensand et du Calcaire à Astartes qui affleuraient dans des espèces de grands cirques en communication avec la

vallée principale. Il s'est déposé là avec le gravier, dans des eaux relativement calmes par rapport au centre du courant, des sables verts, des glaises et des marnes. C'est ce que l'on remarque aussi à Falaise, près de Vouziers, où la glaise superficielle recouvre des couches de gravier et de sable.

Le Diluvium gris s'observe en beaucoup de points dans les vallées de la Seine et de la Marne. On le connaît également à Noyelles, dans la vallée de l'Escaut, ainsi qu'à Saint-Acheul, près d'Amiens, où il est formé de cailloux de silex noir roulés pour la plupart et mêlés de sables et de galets crayeux, au milieu desquels on a recueilli des silex grossièrement taillés par la main de l'Homme. Ce Diluvium doit, comme on le voit, son origine à une action évidente de transport, exercée par des courants d'eau qui ont suivi les vallées sans s'étendre sur de grandes surfaces, ni sans s'élever à de grandes hauteurs.

3° Au Diluvium gris succède immédiatement un autre dépôt, qui en diffère entièrement par ses caractères minéralogiques. Il consiste en une argile rougeâtre, plus ou moins mêlée de sable, souvent assez compacte et renfermant des silex et des fragments de grès non roulés. Il tranche par sa nuance rouge foncée sur le Diluvium gris, ce qui lui a fait donner, par opposition, le nom de Diluvium rouge.

Ici, rien n'indique une action de transport ; au contraire, le dépôt paraît s'être formé sur place ou presque sur place, et semble n'être en majeure partie qu'un résidu provenant de la réaction d'eaux acides sur différentes roches. La plupart des calcaires renferment, ainsi que les marnes, une certaine proportion d'argile et d'oxyde de fer. On conçoit donc parfaitement qu'un liquide acidulé ruisselant sur ces roches et circulant dans leurs fissures ait entraîné les matières solubles, en ne laissant comme témoin de son passage qu'un magma boueux d'argile ferrugineuse.

C'est surtout sur la formation crayeuse que ce dépôt est le plus puissant et le plus étendu. On le voit pénétrant plus ou moins profondément dans la roche, au milieu de laquelle il a creusé des sillons dont les contours et les formes bizarres ne peuvent laisser de doutes sur la cause à laquelle ils doivent être attribués. Ce n'est pas en effet une discordance de stratification ordinaire qu'on remarque ici, comme quand deux couches superposées présentent des inclinaisons différentes, ou que la plus ancienne a été entamée plus ou moins profondément avant le dépôt de la couche supérieure. Une simple érosion, une simple usure due au mouvement des eaux, auraient donné, en effet, des résultats tout différents de ceux qui caractérisent le Diluvium rouge. Les contournements capricieux et multiples des poches qui le renferment, ne peuvent s'expliquer que par une action corrosive qui

s'est exercée plus facilement sur certains points que sur d'autres, en raison de l'inégale dureté ou pénétrabilité de la roche. On voit quelquefois même, à la base du dépôt, de petites lentilles calcaires ou marneuses, noyées dans l'argile rouge et qui sont restées inattaquées, comme si l'acide avait épuisé son action avant de parvenir jusqu'au centre du bloc, dont il n'a pu ronger que les contours. Dans les pays de craie à silex, surtout dans ceux où la Craie marneuse contient de si nombreux rognons de silex noir, comme sur les confins des Ardennes et de l'Aisne, l'accumulation de ces silex dans l'argile rouge est des plus remarquables et vient encore à l'appui du mode de formation sur lequel nous venons d'insister.

Le Diluvium rouge peut donc être considéré comme un dépôt formé par voie chimique. Que les eaux acides dont il est question soient dues à des phénomènes volcaniques ou qu'elles aient surgi sous forme de geysers, peu importe. Mais la présence de minerais de fer en certains points de ce dépôt permet de supposer qu'elles ont renfermé ce fer en dissolution à la faveur d'un acide quelconque. Si ces eaux se répandaient sur des calcaires compactes, elles devaient produire des effets analogues, bien que moins prononcés que sur les roches crayeuses. Et, en l'absence des silex, le résidu de leur attaque ne pouvait comprendre que des argiles rougeâtres, privées de carbonate de chaux et renfermant seulement des fragments calcaires qui ont pu résister à la décomposition.

On trouve fréquemment le Diluvium rouge superposé au Diluvium gris ; mais il s'étend aussi en dehors des vallées où ce dernier est ordinairement concentré ; de sorte qu'on le rencontre souvent seul, reposant directement sur les roches auxquelles il doit son origine ou sur les détritus de la première période quaternaire.

En résumé, le Diluvium rouge se distingue essentiellement par l'absence de cailloux roulés, par sa teinte caractéristique, par sa pauvreté en carbonate de chaux, par son altitude supérieure à celle des dépôts qui l'ont immédiatement précédé et par les espaces plus étendus qu'il recouvre (1).

4° Le *Lœss* est un dépôt de sable fin, argileux et calcaire, de couleur gris-jaunâtre, qui occupe encore de plus grandes surfaces que le Diluvium rouge. On le trouve à toutes les hauteurs, sur les plateaux comme dans les dépressions. Il forme comme une espèce de manteau sur les terrains antérieurs, qui ont été ravinés avant son dépôt. Aussi le voit-on quelquefois superposé au Diluvium rouge, ce qui suffit pour

(1) Voir pour plus de détails sur le Diluvium rouge ma notice sur les plateaux d'Othe (*Bull.*, 3e sér., t. I, p. 150; 1872).

déterminer son âge dans la série quaternaire. Quand le Diluvium rouge vient à manquer, on le trouve aussi superposé directement aux Éboulis ou aux terrains remaniés sur place de la première période, comme on en voit des exemples dans le département du Nord entre l'Escaut et la Sambre, et dans le canton de Machault (Ardennes). On remarque aussi le Lœss superposé au Diluvium gris dans les vallées à versants plats ou peu rapides, comme on peut le constater à Paris même dans la grande carrière de la rue du Chevaleret, n° 147. Seulement cette superposition se rencontre rarement au centre des vallées, soit parce que les matières meubles du Lœss ont été emportées par les débordements, soit parce que les eaux de cette période formaient des courants assez puissants pour entraîner les sables et argiles en suspension et empêcher leur dépôt.

Le Lœss est, comme on sait, un terrain de formation fluviatile, qui renferme des coquilles d'eau douce et terrestres, ainsi que des ossements d'animaux (1). C'est aussi dans ce terrain qu'on a découvert les haches en silex les mieux caractérisées et les plus authentiques de l'âge de la Pierre taillée (Amiens, Abbeville, etc.).

La nature des matériaux qui constituent le Lœss tend à démontrer qu'il a été déposé dans des eaux non acides, comme le Diluvium gris, en raison même de son assez riche teneur en carbonate de chaux et de l'absence de tout indice ferrugineux. C'est un fait assez intéressant à constater que les deux terrains de transport, Diluvium gris et Lœss, aient été déposés par des eaux exemptes de principes acides, comme si ces eaux étaient dues à des pluies torrentielles ou à une abondante fonte de neige.

Les faits qui se passent de nos jours dans le voisinage des glaciers peuvent en effet rendre compte jusqu'à un certain point des phénomènes anciens qui ont produit ces terrains de transport. Les rivières qui prennent naissance à la base des glaciers actuels devaient, dans les temps anciens, quand ces glaciers recouvraient des surfaces beaucoup plus grandes qu'aujourd'hui, former de véritables torrents capables de rouler des matériaux de toutes sortes, comme ceux du Diluvium gris; et si, à un moment donné, une débâcle générale a pu se produire par suite d'une élévation de température, due soit à un affaissement général du massif montagneux, soit à un assèchement des déserts africains autrefois baignés par la mer, on comprend que les

(1) Ossements de Rhinocéros, de grand Bœuf, de Cheval, de Cerf, trouvés à Vouziers (*Bull.*, 2e sér., t. XXIX, p. 82; 1871).

Ossements de Mouton trouvés à Annelles (arrondissement de Rethel) (*Bull.*, 3e sér., t. III, p. 52; 1874).

écoulements d'eaux, primitivement localisés dans les vallées, se soient généralisés de toutes parts, et que le Lœss ait pu être le résultat de la fonte des glaces, qui laissaient en même temps sur les hauteurs les blocs erratiques comme témoins de leur existence. Ce serait aussi probablement de la même époque que daterait l'expulsion du Renne des contrées méridionales.

Le Lœss recouvre une grande partie du Nord et du Nord-Est de la France. Il joue donc un rôle important au point de vue agricole. On l'emploie pour la fabrication des briques, en le mélangeant en certaine proportion avec la couche argileuse superficielle dont nous allons parler.

5° Le Limon, de couleur rougeâtre, est de nature argilo-sableuse et très-pauvre en carbonate de chaux. Sous le rapport de sa composition, il a une certaine analogie avec l'argile du Diluvium rouge, et on peut le considérer, de même que ce dernier, comme le produit d'une réaction chimique. Il s'étend ordinairement en nappe mince, ayant rarement plus d'un mètre d'épaisseur, sur le terrain précédent, dont il se distingue très-bien par sa couleur rougeâtre, qui contraste d'une manière frappante avec la teinte du Lœss gris qu'il recouvre. Il est séparé la plupart du temps de ce Lœss par une surface nette et tranchée, qui marque une discordance prononcée de stratification.

On n'est pas tout à fait d'accord sur l'origine de cette couche superficielle. Les uns l'attribuent à une action prolongée d'eaux chargées d'acide carbonique sur le Lœss lui-même ; les autres pensent, au contraire, que ce Limon rougeâtre représente un dépôt particulier, distinct et indépendant de la couche sous-jacente.

Cette dernière opinion me paraît la plus plausible. Car, sans révoquer en doute les altérations que les influences atmosphériques ont pu faire subir au sable argileux du Lœss, il est un fait incontestable, c'est que cette altération devrait permettre d'expliquer les différences de composition qui existent entre les deux terrains. Or, les nombreuses analyses faites au Laboratoire de Mézières montrent qu'il y a divergence complète. Ainsi, par exemple, on a trouvé qu'un échantillon de Lœss pris au-dessus de Savigny, près de Vouziers, renfermait 68,10 d'argile et de sable, 12,25 d'oxyde de fer et d'alumine et 15,25 de carbonate de chaux, tandis que les proportions des mêmes éléments dans la nappe rougeâtre de la surface étaient respectivement de 92,40, 3 et 0,90. Si le terrain supérieur n'était qu'une modification de celui de dessous, la quantité d'alumine et d'oxyde de fer devrait être plus grande dans le dépôt superficiel, au lieu d'être plus petite. Le Limon rouge du dessus devrait être aussi très-sableux, comme le sous-sol, tandis qu'il est principalement argileux. D'un autre côté, la ligne de

séparation entre les deux couches ne serait pas aussi tranchée. Enfin la rubéfaction produite par les agents atmosphériques devrait s'être produite partout où existe le Lœss, tandis qu'il n'est pas rare de rencontrer ce terrain avec sa teinte grise caractéristique et sa composition normale, jusqu'à la surface du sol.

L'argile sableuse du Limon représente donc un dépôt à part, formé au sein d'eaux tranquilles. Car son homogénéité exclut toute agitation dont les effets se manifestent ordinairement par la présence de cailloux ou de débris roulés. Il est probable que les eaux qui ont donné lieu à ce dépôt étaient acides, comme celles du Diluvium rouge ; car beaucoup de roches sont susceptibles de laisser un résidu semblable au limon rougeâtre dont il s'agit, quand on les délaie dans une liqueur acide. Seulement elles devaient être déjà chargées de matières limoneuses quand elles se sont répandues sur le Lœss; en effet le remaniement du Lœss seul par des eaux acidulées n'aurait pu donner lieu qu'à un limon sablonneux et non argileux. Ce qui est certain, c'est que le Limon gris inférieur et le Limon rouge qui le surmonte ont été déposés dans des eaux douces, puisqu'on trouve, dans l'un comme dans l'autre, de petites coquilles terrestres et fluviatiles (Cyclostomes, Hélices, Planorbes, etc.).

6° Enfin, nous citerons comme une annexe du terrain quaternaire un dépôt calcaire blanchâtre, accolé aux flancs de certaines vallées et formant une espèce de tuf ou de travertin, dans lequel on reconnaît des empreintes de feuilles et autres débris végétaux analogues à ceux de l'époque actuelle. Ce tuf doit être attribué à d'anciennes sources chargées de carbonate de chaux dissous à la faveur d'un excès d'acide carbonique. Ce carbonate de chaux se déposait au fur et à mesure que l'excès d'acide s'échappait, en enveloppant les végétaux qui se rencontraient sur son passage.

Comme exemples de ces sortes de tufs, on peut citer ceux d'Artres et de Solesmes, au sud de Valenciennes, dans des vallées où affleure la Craie marneuse; celui de Resson (Aube), produit par des eaux qui sortaient du calcaire d'eau douce de la Brie à son contact avec l'argile plastique ; celui de Salles-la-Source, près de Rodez, où les sources jaillissaient à la séparation des marnes supraliasiques et du calcaire oolithique ; celui de Castelnau, aux environs de Montpellier, qui paraît avoir pris naissance au contact de grès tertiaires et de calcaires marneux néocomiens.

Il est difficile de déterminer avec précision l'âge de ces tufs quand ils ne sont recouverts par aucun autre dépôt ; car les sources qui les ont produits peuvent s'être fait jour à différentes époques de la période quaternaire. Mais, quand on reconnaît, comme à Resson par exemple,

que les vallées où ils existent avaient déjà reçu des terrains remaniés de l'époque du Limon, et que l'on ne constate dans ces vallées aucun dépôt postérieur à ces tufs, il est rationnel de les classer à la partie supérieure du terrain quaternaire.

En dehors de ce sixième terme, qui n'apparaît en quelque sorte que comme un accident de la période diluvienne, on voit que la série des dépôts de cette époque se résume dans des terrains remaniés alternant avec d'autres terrains formés par voie chimique, savoir, de bas en haut :

Les Éboulis, circonscrits autour des collines, et les terrains remaniés sur place avant le creusement des grandes vallées ;

Puis le Diluvium gris, constituant le fond de la cuvette des vallées et formé, comme le terrain précédent, dans des eaux pures mais à l'état de courants ;

Le Diluvium rouge, plus étendu que le Diluvium gris, mais limité aux régions calcaires et paraissant être le résultat d'une décomposition des roches appartenant aux terrains antérieurs ;

Le Lœss gris, sableux et calcaire, déposé encore dans des eaux pures, c'est-à-dire ne charriant que des détritus sablonneux ;

Enfin l'Argile rougeâtre, formant, avec l'assise précédente, une nappe plus ou moins continue sur les terrains plus anciens.

Quelles sont les conséquences qu'on peut déduire des faits constatés?

D'abord, toutes ces assises se rencontrent quelquefois dans la même coupe, se succédant depuis la plus ancienne jusqu'à la plus moderne, comme, par exemple, à Saint-Acheul, où la superposition du Limon au Diluvium rouge, au Diluvium gris et aux détritus de la première période est manifeste.

Remarquons ensuite que le Diluvium gris des vallées ne s'élève jamais à une grande hauteur; ce qui paraît montrer que les courants auxquels il doit sa formation ne sont pas sortis de ces vallées elles-mêmes.

Observons aussi que les matériaux de ce Diluvium ne renferment pas trace d'argile rougeâtre et sont uniquement le produit de la désagrégation des roches préexistantes.

Ajoutons qu'on ne rencontre jamais de Limon dans le fond des vallées sous le Diluvium gris, tandis que le Lœss, ainsi que l'argile rougeâtre qui souvent le recouvre, existe à tous les niveaux, sur les bords des vallées comme sur les plateaux, à des altitudes variées.

Ces résultats de l'observation ne semblent-ils pas indiquer que les eaux du Limon se sont élevées à des hauteurs bien supérieures à celles du Diluvium gris, et que les courants formés par ces dernières sont

antérieurs à l'époque de l'inondation générale qui a produit le dépôt du Limon? Si ces deux périodes s'étaient succédées dans un ordre inverse, on ne voit pas pourquoi les matériaux du Limon ne se rencontreraient pas dans le Diluvium gris. D'un autre côté, l'existence du Lœss à tous les niveaux, sur les plateaux élevés comme dans les dépressions, permet de supposer que les eaux de cette époque ont atteint tout d'abord d'assez grandes hauteurs, pour s'abaisser ensuite successivement jusqu'au niveau des vallées actuelles. C'est là l'hypothèse qui concorde le mieux avec les faits observés. Car, lorsqu'au commencement de cette période les eaux étaient très-élevées, elles formaient au-dessus des vallées des courants puissants et rapides, qui ne permettaient pas le dépôt dans ces vallées des matières fines qu'elles tenaient en suspension, tandis que, quand leur niveau s'est abaissé, elles ont pu donner lieu aux sédiments que l'on observe à proximité de certaines rivières, dont les débordements de l'époque moderne n'ont laissé subsister que les parties les plus éloignées du centre de la vallée.

Ces considérations, jointes aux faits de superposition que nous avons rappelés, ne nous laissent aucun doute sur l'ordre dans lequel se sont formés les divers dépôts quaternaires dans nos contrées.

M. **Tournouër** dit que tous les tufs ne doivent pas être placés aussi haut que le fait M. Meugy. Ainsi les tufs de Moret sont bien au-dessous du niveau indiqué par notre collègue.

M. Michel-Lévy fait la communication suivante :

Mémoire sur la **Variolite** *de la* **Durance**, par M. A. **Michel-Lévy**.

L'étude des roches globulaires a pris récemment, grâce à l'emploi du microscope, une importance imprévue, et les résultats généraux auxquels elle a conduit, s'appliquent non plus à quelques pyromérides rares, faciles à énumérer, mais bien à toute une classe de roches extrêmement nombreuses. La plupart d'entre elles appartiennent aux porphyres quartzifères acides, et il a été établi que l'apparition des sphérolithes y est intimement liée à la présence dans la pâte d'un excès de silice libre, à l'état d'opale, de calcédoine ou de quartz globulaire.

Cependant certaines roches qui ont passé jusqu'à présent pour contenir des globules pétrosiliceux, ne rentrent pas dans la catégorie

précédente ; telles sont les variolites, qui, beaucoup plus rares que les porphyres acides globulaires, n'en constituent pas moins une classe de roches bien définie et assez répandue ; on connaît les gisements classiques de la Durance, du Voigtland et du Fichtelgebirge.

Or les variolites ne sont pas des roches acides et la genèse de leurs sphérolithes ne peut se rapporter à un excès de silice colloïde contenu dans leur pâte. Leur étude approfondie présente donc un intérêt général, car elle peut servir d'élément à une théorie synthétique des formes globulaires dans les roches éruptives. De plus, une discussion encore pendante a été soulevée au sujet de leur gisement et surtout des relations pétrologiques qui peuvent exister entre les variolites et les euphotides qui les accompagnent si fréquemment : pour les géologues français, cette liaison n'est pas douteuse dans les Alpes, et cependant M. Zirkel termine un travail récent par des conclusions opposées.

Au moment où, grâce aux remarquables travaux de M. Lory, le service de la *Carte géologique détaillée de la France* va pouvoir livrer à l'impression les cartes du Dauphiné, il nous a paru intéressant de reprendre l'étude de la variolite au point de vue de son rang dans la classification des roches éruptives, et de chercher à élucider la question d'origine de ses sphérolithes. Tel est le double but que nous nous proposons ici.

TRAVAUX ANTÉRIEURS SUR LA VARIOLITE.

On doit à M. Delesse (1) une étude minéralogique et chimique sur la variolite de la Durance. Les conclusions de ce travail sont que les globules « sont formés par une pâte feldspathique ne représentant pas un minéral bien défini » ; cependant l'auteur pense qu'on doit les rapporter à un feldspath triclinique, qu'il compare au feldspath triclinique de l'euphotide d'Odern (Labrador). Quant à la pâte, elle ne devrait sa couleur verte ni à des cristaux microscopiques d'amphibole, ni au diallage, qui au premier abord pourrait paraître plus vraisemblable, mais simplement à sa forte teneur en fer et en magnésie. Elle contient d'ailleurs une matière serpentineuse. Comme minéraux accidentels, en petits filets et en amygdales, M. Delesse signale des carbonates, la pyrite de fer, le fer oxydulé, le quartz, la chlorite ferrugineuse et surtout l'épidote ; ce dernier minéral alternerait parfois avec le feldspath, pour former des globules ; la variolite de Schönfeld (Saxe) devrait également ses globules à l'épidote. Les vacuoles amygdaloïdes auraient pour origine un retrait des globules feldspathiques.

(1) *Annales des Mines,* 4e sér., t. XVII, p. 116 ; 1850.

M. Lory (1) a mis en évidence, au moyen de coupes en profil, les relations de gisement des variolites, des euphotides et de la serpentine, entre le col de Bousson et le Mont-Joux : les variolites forment la salbande Ouest d'un puissant dyke d'euphotide de 5 kilomètres de long sur 2 à 3 de large, dont la salbande Est est constituée par la serpentine, et qui s'est fait jour à travers des schistes triasiques et même à travers quelques couches compactes de calcaire de l'Infrà-Lias.

D'après M. Lory (2), c'est en effet à la fin de la période triasique et même pendant ou après celle du Lias, que les euphotides se sont épanchées; à l'appui de son opinion, outre le gisement classique du Mont-Genèvre, il cite le dyke qui affleure entre La Valdens et la montagne de Serre et qui a pour roches encaissantes, d'un côté le Lias chargé de filets de serpentine, de l'autre le gneiss des Mazoires; au contact du Lias l'euphotide fait place à de la serpentine; au contact du gneiss c'est, à proprement parler, une diorite.

Ces différents gisements ne donnent en effet qu'un minimum de l'âge des euphotides : elles sont certainement, dans les Alpes françaises, postérieures aux couches les plus anciennes de l'Infrà-lias; on sait que, d'après M. Caillaux (3), les serpentines, les euphotides ou granitones, les ophites et diorites de la Toscane et de l'île d'Elbe auraient traversé tout l'Éocène et formeraient de leurs débris des couches du Miocène; certaines ophites et diorites, en dykes puissants, traverseraient même les couches miocènes inférieures.

M. Lory (4) pense que les spilites ont la même origine éruptive que les euphotides; seulement elles se seraient considérablement modifiées par leur épanchement à travers les étroites fissures des calcaires du Lias.

Persuadé de l'intime connexion qui existe entre la variolite et l'euphotide, il considère les globules comme composés d'un mélange de labrador, de diallage et de serpentine (5); sur le flanc Est du vallon de Gondran, la variolite serait même associée à de véritables porphyres à cristaux de labrador, et aussi à des roches compactes, verdâtres ou bleuâtres.

Dans une note récente, M. Zirkel (6) a appliqué, pour la première fois, l'analyse microscopique à l'examen de la structure des variolites.

(1) *Description géologique du Dauphiné*, p. 577; 1860.

(2) *Op. cit.*, p. 575.

(3) *Bull. Soc. Industrie minérale*, 1re sér., t. II, p. 383.

(4) *Op. cit.*, p. 192.

(5) *Op. cit.*, p. 581.

(6) *Berichte der K. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-physische Classe*, 1875, p. 211.

Nous allons résumer la description que cet auteur donne d'une variolite de la Durance présentant des globules d'un vert sale, mal séparés d'une pâte bleuâtre; ces globules, qui ont jusqu'à 3 millimètres de diamètre, sont associés deux à deux ou en plus grand nombre, et en telle abondance qu'ils constituent l'élément dominant de la roche.

A un faible grossissement, les globules paraissent composés d'une *matière pétrosiliceuse* radiée, associée à de *petits cristaux incolores*, allongés, filiformes. A un très-fort grossissement et avec des plaques très-minces, on voit cette matière se résoudre en un assemblage de *granules (Kœrnchen)* et de *petits corps allongés (Stachelchen)*, couleur isabelle, d'une grande ténuité, qui laissent entre eux un peu de matière incolore; les petites productions allongées se rangent grossièrement en lignes droites, de telle façon qu'il y a alternance entre des rayons où elles sont plus condensées et d'autres où elles sont plus rares; d'où l'apparence générale radiée.

Les petits cristaux filiformes (cristallites) se trouvent rarement près du centre du globule, mais plutôt à une certaine distance; ils atteignent jusqu'à $0^{mm}15$ de long, et se terminent généralement à angle droit. La lumière polarisée agit sur eux, et ce sont vraisemblablement des corps cristallitiques, de nature feldspathique; mais on ne peut les spécifier davantage, ni en faire de l'orthose ou des plagioclases. Ils se montrent çà et là dans la masse du sphérolithe, sans direction déterminée ; plus abondants à la périphérie des globules, ils s'y disposent tangentiellement en délicate couronne, ou y affectent en gros la direction radiale; ils sont même susceptibles de former ainsi dans un même globule plusieurs zones concentriques. Ces *cristallites* font partie intégrante des globules et ne se retrouvent pas dans la pâte de la roche.

Cette dernière, d'un bleu grisâtre, conserve une coloration sensible même dans les plaques minces, et se compose surtout d'une substance homogène à la lumière ordinaire, avec quelques concrétions irrégulières qui donnent des ombres indécises entre les Nicols croisés. On n'y distingue absolument aucun élément cristallisé, feldspath, quartz, hornblende, augite ou mica ; il n'y a même pas de fer oxydulé et l'on ne peut arguer d'aucune ressemblance avec la pâte des diabases. On y voit seulement, en grand nombre et semés au hasard, les granules et les productions allongées déjà signalés dans les globules.

M. Zirkel a étudié d'une façon également approfondie plusieurs variolites du Voigtland et du Fichtelgebirge. Outre les éléments précédents, il y a découvert des traînées noires, souvent en grand nombre, parallèles entre elles. Aux forts grossissements ces traînées se montrent composées de courtes lamelles foncées; il est visible qu'elles se sont formées après la production des cristallites, auxquels elles sont souvent

perpendiculaires. Ces cristallites n'ont pas dans les variolites allemandes de limites bien nettes; c'est là (Schönfeld dans le Voigtland) un stade de cristallisation encore moins avancé que dans la variolite de la Durance.

La pâte présente quelquefois aussi des alignements par suite du retrait des granules le long de directions rectilignes (Berneck dans le Fichtelgebirge); seulement ces traînées de pâte n'ont pas d'action sur la lumière polarisée. Par contre, les granules polarisent parfois très-vivement. Enfin, dans un échantillon étiqueté *Alpes-Maritimes*, M. Zirkel a constaté que la pâte verte n'est plus homogène et présente un agrégat de prismes et d'aiguilles qu'il n'a pu assimiler ni à la hornblende, ni à l'augite, ni à la chlorite. On aperçoit dans les globules de cette roche, de petits vides ronds, de la grosseur d'une tête d'épingle, remplis de quartz grenu; on trouve aussi dans toutes les variolites de petits filets secondaires de calcite et de calcédoine.

Les conclusions de la note que nous venons de résumer sont les suivantes : M. Zirkel constate que les granules sont communs à toutes les variolites; leurs sphérolithes ne sont pas composés d'une substance individualisée, mais bien de concrétions silicatées analogues à celles des roches vitreuses et semi-vitreuses *(Rhyolithes, Felsit-porphyres)* ; ils sont d'origine primordiale. Il est remarquable qu'ils se soient développés dans un magma pauvre en silice.

Pour M. Zirkel, il est hors de doute que les variolites sont très-différentes des gabbros (euphotides), avec lesquels Cordier, Élie de Beaumont, Scipion Gras et les autres auteurs français les considèrent comme associées dans le bassin de la Durance. La pâte ne contient ni feldspath, ni augite, ni chlorite, ni fer oxydulé, et ne mérite à aucun titre le nom de feldspathique que M. Delesse lui assigne. Enfin ce ne sont ni des diabases, ni des perlites, comme M. Gümbel a voulu les appeler *(Perldiabas)* (1).

On voit combien les auteurs précédents varient dans l'interprétation des faits qui ont été successivement découverts au sujet de la variolite. Au point de vue du gisement, cette roche a été associée par les auteurs français à l'euphotide; M. Zirkel nie toute espèce d'analogie pétrographique entre les deux roches. Au point de vue de la composition minéralogique, M. Delesse croit les globules composés d'un feldspath triclinique mal défini ; M. Lory opine pour le labrador ; dans sa Chimie minérale, M. Rammelsberg donne, sans explication, au chapitre de l'oligoclase, l'analyse des globules due à M. Delesse ; enfin M. Zirkel

(1) *Eruptivgesteine des Fichtelgebirges, Festschrift zu von Kobell's Doctorjubilæum*, p. 31 ; Munich, 1874.

y voit une concrétion pétrosiliceuse au même titre que celles des rhyolithes et des porphyres acides. La pâte de la variolite est principalement feldspathique pour certains auteurs; M. Zirkel y découvre surtout une substance homogène amorphe.

Nos recherches ont porté sur d'assez nombreux échantillons de la Durance, que nous devons à l'obligeance de M. Lefèbvre, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, et à celle de M. de Chancourtois; M. Hébert a bien voulu nous procurer quelques échantillons de l'euphotide du Mont-Genèvre, que ses propres observations l'induisent à considérer comme intimement liée à la variolite voisine, et dont l'étude nous a été précieuse pour identifier certains éléments communs aux deux roches. Nous avons soumis plusieurs plaques minces de variolite à l'attaque par les acides dans le laboratoire et avec le concours bienveillant de M. Fouqué; nous avons aussi fait dans le même laboratoire quelques analyses complètes des globules et de la pâte des variolites.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA VARIOLITE.

I. Globules. Il est très-rare que les globules présentent un centre unique; leur type le plus fréquent consiste dans une agglomération de petites productions cristallines allongées, parallèles entre elles par régions définies, ces diverses régions se groupant sous forme d'arborisations enchevêtrées. Nous insisterons plus loin sur les détails de structure; pour le moment nous nous bornerons à considérer successivement les *fibres feldspathiques élémentaires*, les soi-disant *cristallites* de M. Zirkel, les *granules* et enfin les petites *lamelles* que contient tout globule.

1° *Fibres feldspathiques élémentaires*. Aux forts grossissements, on voit nettement que la substance qui domine dans les globules se dispose en petites fibres très-allongées par rapport à leur largeur ($0^{mm}005$ à $0^{mm}001$). Lorsqu'on opère sur des plaques très-minces, dans lesquelles plusieurs couches de fibres ne sont pas superposées, on peut constater que chacune d'elles a une action très-vive sur la lumière polarisée; elles s'illuminent en blanc-grisâtre et s'éteignent, sans exception, suivant leur longueur. Une des difficultés que présente l'étude des variolites consiste dans les grossissements considérables qu'il faut employer pour les examiner minutieusement; l'examen des fibres feldspathiques exige un grossissement de 1 400 diamètres et l'emploi presque constant de la polarisation; on peut alors constater que l'extinction longitudinale de chaque fibre est bien totale et ne présente aucune des ombres vagues, à contours indéterminés, que com-

portent les globules colloïdes pétrosiliceux. Les résultats de l'analyse chimique et notamment la teneur respective en silice et en alcalis, ont conduit tous les auteurs à voir, dans la substance élémentaire des globules de la variolite, un feldspath plus ou moins déterminé. Les propriétés optiques des fibres feldspathiques doivent éliminer cette indécision, et puisqu'il s'agit ici d'une substance parfaitement cristallisée, à caractères optiques constants, cherchons quel est le feldspath pouvant cristalliser en très-longs microlithes qui s'éteignent toujours suivant leur longueur.

D'après les récentes recherches de M. Des Cloizeaux (1), trois feldspaths s'éteignent suivant l'arête pg_1 ou sous un angle très-petit, dans les plaques taillées parallèlement à la face p; ce sont l'orthose, l'oligoclase et l'albite. Un seul s'éteint également à peu près suivant cette même arête pg_1, pour des plaques taillées parallèlement à la face g_1; c'est l'oligoclase. Dès lors il est facile de voir que l'arête pg_1 doit coïncider à peu près avec un des axes principaux d'élasticité optique de la substance; ce qui confirme le fait signalé depuis longtemps déjà par M. Des Cloizeaux, que dans l'oligoclase la bissectrice positive est à très-peu près normale à g_1 (2). L'erreur commise en prenant pg_1 pour un axe principal d'élasticité de l'oligoclase (normale optique dans l'espèce) ne dépasse pas en général 2 à 3°; elle est insensible, eu égard aux causes d'erreur que présente l'appréciation du moment d'extinction maximum dans le microscope polarisant à lumière parallèle. Il en résulte que toute section en plaque mince de l'oligoclase parallèle à l'arête pg_1, s'éteindra suivant sa longueur : or la tendance des cristaux de feldspath en général, et de l'oligoclase en particulier (pierre du Soleil), est précisément de s'allonger cristallographiquement suivant cette arête. Si nous supposons que les fibres feldspathiques des globules de variolite obéissent à cette règle commune, ils devront nécessairement être rapportés à l'oligoclase. Car, d'une part, on ne doit considérer que leurs sections longitudinales : eu égard à la largeur réduite et à l'extrême longueur des microlithes, les autres sections doivent passer inaperçues et sont négligeables. D'autre part, toutes les sections longitudinales s'éteignent suivant leur longueur; donc cette longueur coïncide avec un axe d'élasticité de la substance; et l'oligoclase, seul de tous les feldspaths, satisfait à cette propriété.

2° *Pseudo-cristallites feldspathiques.* Au travers des fibres feldspathiques, et sans direction réglée, on aperçoit des traînées rectilignes incolores, de plus grande taille que les fibres élémentaires ; ces traînées,

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e sér., t. IX ; 1876.

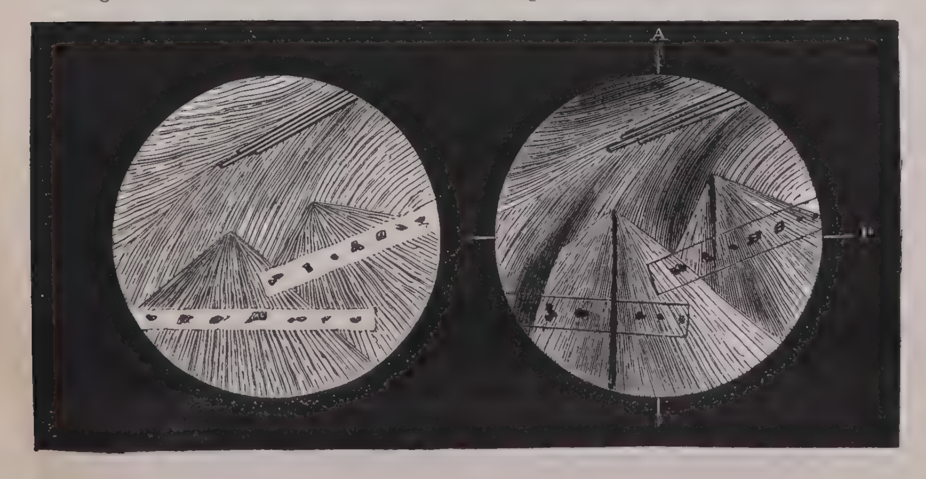
(2) *Manuel de Minéralogie*, p. 314.

que M. Zirkel a considérées comme de petits cristaux filiformes ou comme des cristallites, sont plus pures que les parties voisines; la matière feldspathique s'y est débarrassée des inclusions de nature étrangère qu'elle renfermait, ou du moins elles paraissent s'y être concentrées en agrégats de plus grosse dimension, qui, régulièrement espacés, forment comme une arête médiane dans la traînée.

Les propriétés optiques de ces productions sont très-remarquables : entre les Nicols croisés, un examen superficiel ferait croire à leur absence ou du moins à leur disparition totale, et cependant il suffit de tourner le polariseur et de rendre les Nicols parallèles pour les voir réapparaître et trancher en blanc sur le fond grisâtre des globules. En fait, les fibres feldspathiques élémentaires les traversent sans déviation et en y conservant leur propriété dominante, qui est de s'éteindre suivant leur longueur *propre :* quand le pseudo-cristallite est situé dans une région où les fibres élémentaires sont parallèles, il s'éteint simultanément dans toute son étendue, parce que toutes les fibres s'éteignent simultanément aussi ; quand, au contraire, il traverse des fibres élémentaires convergentes, on voit apparaître, à la lumière polarisée, sa nature complexe, et il ne s'éteint plus simultanément dans toute son étendue. Peut-être, outre la matière des fibres feldspathiques qui y domine, certains pseudo-cristallites contiennent-ils un peu de substance amorphe.

Pseudo-cristallites et fibres élémentaires feldspathiques :

Fig. 1. *A la lumière naturelle.* Fig. 2. *Entre les Nicols croisés.*



Il résulte des observations précédentes, que nous nous séparons de M. Zirkel sur une double question de fait : les traînées rectilignes, relativement limpides, de matière feldspathique, ne sont pas pour nous de petits cristaux plus ou moins imparfaits, mais uniques ; ce sont, à proprement parler, des agrégats complexes, dont les éléments cristallins sont souvent orientés dans des sens divers. En outre, chacun de ces éléments fait partie d'une petite fibre, non pas pétrosiliceuse, mais déjà franchement individualisée, et dont les propriétés optiques sont celles de microlithes d'oligoclase allongés suivant l'arête pg_1.

3° *Granules.* Les fibres feldspathiques élémentaires sont, en général, limitées, comme l'a justement observé M. Zirkel, par des rangées de très-petites productions cristallines, d'une coloration vert-pâle ou brun-clair, dont la ténuité même rend la détermination délicate ; cependant, grâce à l'emploi de l'objectif à immersion n° 7 de M. Nachet, nous sommes parvenus à recueillir des données précises à leur égard, dans les globules eux-mêmes.

On y distingue des agrégats de très-petits granules verdâtres ou brunâtres, d'un aspect rugueux, dépourvus de dichroïsme et ayant sur la lumière polarisée une action très-vive et très-caractéristique : entre les Nicols croisés, ils se parent de couleurs irisées, éclatantes, dans lesquelles le jaune miel domine. Ces agrégats ne s'éteignent pas tout entiers en une fois ; ils sont donc composés de granules élémentaires orientés dans des sens différents. Aux faibles grossissements entre les Nicols croisés, ils simulent une fine poussière brillante, comme dorée, répartie par toute la masse des globules ; les forts grossissements nous les montrent généralement arrondis ; cependant quelquefois on y saisit des angles mousses voisins de 90°. Leurs dimensions, assez variables dans les divers échantillons, oscillent entre $0^{mm}01$ et $0^{mm}001$. Quant aux agrégats en forme de boules hérissées qu'ils constituent, ils sont de petite taille entre les fibres feldspathiques et beaucoup plus volumineux au centre des pseudo-cristallites. L'aspect rugueux et la polarisation intense des granules font penser au zircon, au sphène, à l'olivine ou au pyroxène. L'olivine en si petits grains ne serait pas colorée ; les formes arrondies ou rectangulaires ne conviennent pas au sphène ; le zircon ne se présente pas en agrégats analogues ; reste le pyroxène, qui explique seul le défaut complet de dichroïsme des petits granules.

4° *Microlithes lamelleux.* Cette absence de dichroïsme distingue nettement les granules d'une autre série de productions microlithiques verdâtres, auxquelles ils sont mêlés et qui présentent, dans les teintes vert-clair, un dichroïsme sensible ; tantôt ce sont de simples aiguilles isolées ; tantôt, dans des cas plus favorables, le minéral

lamelleux, qui polarise énergiquement et se colore de teintes jaune-verdâtre entre les Nicols croisés, est en petits parallélipipèdes dont les lamelles sont disposées parallèlement à une des faces et dont les autres faces paraissent souvent comme frangées. La mesure des angles de ces petites sections ne conduit pas à des données bien certaines; nous avons relevé plusieurs angles obtus de 107°, de 133°, etc.

Tantôt, entre les fibres feldspathiques, les granules dominent et les microlithes lamelleux sont isolés çà et là ; tantôt, au contraire, ils sont empilés les uns sur les autres de façon que la direction de leurs lamelles reste constante. L'angle que cette direction fait avec la longueur de l'alignement est variable et souvent très-ouvert. Lorsqu'on amène les fibres feldspathiques à coïncider en longueur avec un des plans principaux des Nicols, elles s'éteignent, et alors on peut constater que dans le cas le plus général le minéral fibreux ne s'éteint pas simultanément; son extinction se produit souvent parallèlement à la direction de ses lamelles; souvent aussi elle fait avec cette direction un angle compris entre 0 et 15°; il est à remarquer qu'alors l'extinction se produit intérieurement à l'angle obtus du petit parallélogramme. Ces diverses propriétés optiques se rapportent à une substance monoclinique dans laquelle le plan de juxtaposition des lamelles serait parallèle ou perpendiculaire à g_1 ; le dichroïsme sensible même dans des microlithes d'aussi petite taille tend à éliminer le diallage, et les probabilités sont pour une actinote, c'est-à-dire pour une variété fibreuse d'amphibole. L'angle d'extinction à 15° de la direction des lamelles coïnciderait avec cette hypothèse; mais alors on ne pourrait considérer les petits parallèlogrammes de section suivant g_1, comme profilés suivant les faces h_1 et p ; car pour l'actinote la normale optique est intérieure à l'angle aigu $p\,h_1$ et non à l'angle obtus; il faudrait donc rapporter un des côtés du parallélogramme aux faces a_1 ($a_1\,h_1 = 106°2'$) ou a_2.

Cette prédominance de l'extinction dans l'angle obtus pourrait faire penser à l'épidote, et de fait les petites productions lamelleuses des globules de la variolite, que nous verrons bientôt apparaître en abondance dans la pâte, présentent quelque ressemblance d'aspect avec l'épidote de certaines diorites de Dannemora. On sait que l'épidote est susceptible de présenter des plans de clivage suivant la face p; l'extinction se ferait parallèlement à leur direction pour des sections suivant h_1, et à 28° environ (1) de cette direction dans l'angle obtus pour des sections suivant g_1.

(1) Des Cloizeaux, *Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels*; 1867.

Mais plusieurs raisons nous font rejeter cette hypothèse et militent contre l'épidote. D'abord le polychroïsme est ici trop faible ; puis les extinctions sont très-rarement supérieures à 15° ; enfin le minéral en question constitue la majeure partie de la pâte de la variolite ; or cette dernière contient deux fois plus de magnésie que de chaux, et sa teneur en silice est également incompatible avec celle de l'épidote.

II. Pate proprement dite. M. Zirkel a signalé à juste titre l'existence, dans la pâte, des granules et des petites productions allongées qui existent dans les globules de la variolite ; d'après lui, ils y seraient noyés généralement sans ordre dans une pâte homogène, amorphe, remarquablement pure de toute substance cristallisée. Tel n'est pas le cas habituel que nos préparations nous ont présenté, et elles se rapprochent presque toutes de l'échantillon étiqueté *Alpes-Maritimes*, sur lequel M. Zirkel n'a pas insisté. En général, la pâte des variolites de la Durance est presque entièrement cristallisée : à peu près homogène et verdâtre à la lumière ordinaire, dans laquelle on n'y aperçoit que de fines stries parallèles et des agrégats de granules, elle se pare de brillantes couleurs, blanc-verdâtre, jaune ou orangé, entre les Nicols croisés ; chaque plage colorée, souvent d'assez grandes dimensions, se termine aux voisines par des contours irréguliers qui rappellent la structure granulitique, ou passe à la pâte amorphe par des bords frangés. Le minéral qui agit ainsi sur la lumière polarisée, est essentiellement lamelleux et rappelle entièrement les microlithes lamelleux des globules : même dichroïsme dans les couleurs vert-émeraude ; mêmes colorations favorites, jaunes ou rouges, quoique plus intenses, entre les Nicols croisés ; même juxtaposition de lamelles parallèles dont la direction est variable pour chaque plage. L'extinction se produit souvent aussi parallèlement aux lamelles ou sous un angle faible.

Dans quelques préparations provenant d'une variolite recueillie au Mont-Genèvre, à ce minéral lamelleux sont associés des plages et des microlithes de hornblende bien caractérisée, très-fortement dichroïque dans les teintes vert-olive, et douée de deux clivages bien nets à angles aigus. En bien des points, l'association de l'actinote et de la hornblende est tellement intime qu'il semble que ces deux minéraux passent de l'un à l'autre.

La pâte contient aussi des granules en grand nombre ; ils sont parfois isolés et de plus grande taille que dans les globules ; il est alors difficile d'y méconnaître les divers caractères du pyroxène ; l'apparence même qu'ils prennent entre les Nicols croisés permet de les assimiler avec sécurité aux granules de dimensions plus réduites que nous avons précédemment étudiés.

La substance amorphe qui paraît parfois dans la pâte de certaines

variolites, répond, par ses divers caractères de coloration vert-bleuâtre et de concrétion, à l'idée que les recherches exclusivement chimiques en avaient donnée : elle est probablement de nature serpentineuse ; mais nous insistons sur ce fait qu'elle n'est pas l'élément dominant de la pâte, et qu'elle paraît même en bien des cas y faire absolument défaut.

III. Filons secondaires. Un des faits les plus généraux que nous aient présenté les plaques minces de variolite, est l'existence de petits filons secondaires qui disloquent plus ou moins tous les autres éléments de la roche. Comme remplissage, nous y avons trouvé rarement de la calcédoine (Durance) ou de la calcite (galet roulé des côtes de Mingrélie) ; ils présentent presque toujours une association plus complexe et plus intéressante, et contiennent du pyroxène cristallisé sur place et qui les remplit entièrement lorsque les filons sont très-minces ; un feldspath triclinique en associations granulitiques ; de petits microlithes d'apatite ; parfois une matière amorphe, verdâtre, serpentineuse ; enfin, accessoirement, de longues aiguilles jaunes ou vertes, sensiblement dichroïques, qui se rapportent à l'actinote ; ces aiguilles sont implantées à peu près perpendiculairement sur les parois des filonnets et paraissent s'y être développées en place, à loisir.

Le *pyroxène* est très-légèrement teinté de brun ou de vert ; ses clivages rectangulaires, son apparence rugueuse, les brillantes couleurs, souvent jaune-citron, dont il se pare entre les Nicols croisés, enfin ses angles d'extinction, souvent assez obliques sur les traces de clivages, ne laissent aucun doute sur sa nature minéralogique : c'est une variété d'augite. Il contient par places de petites inclusions à bulles très-mobiles, remplies d'un liquide aqueux, brun assez foncé (variolite roulée du torrent de Cervières) ; les dimensions de ces inclusions ne dépassent pas $0^{mm}0005$. Leurs bulles ne subissent aucune déformation sous l'influence d'une chaleur de 30 à 40° centigrades. M. Zirkel a signalé dans l'augite de certains basaltes des inclusions à bulles mobiles, qu'il a rapportées à l'acide carbonique liquide ; mais ces inclusions sont extrêmement rares dans le pyroxène, et elles acquièrent une réelle importance théorique, si l'on songe que le pyroxène passe pour un minéral cristallisé surtout par voie ignée, à l'inverse du quartz. Quelquefois le pyroxène se présente dans les filons secondaires en petits débris à contours polygonaux, qui se distinguent, par leur apparence entre les Nicols croisés, de celui qui a cristallisé sur place : il y affecte les couleurs irisées jaune-miel que nous avons déjà reconnues dans les granules. Le pyroxène ancien est ici nettement reconnaissable à ses angles et à ses extinctions ; sa détermination minéralogique confirme celle des granules pyroxéniques.

Le *feldspath* n'est pas toujours facile à distinguer du quartz, tant est grande sa limpidité et à cause des formes granulitiques qu'il affecte ; cependant les lamelles hémitropes y sont en général discernables et parfois très-développées ; l'angle compris entre les extinctions successives de deux lamelles voisines est en moyenne assez grand. On doit donc avoir affaire à l'anorthite, au labrador ou au microcline. Nous verrons plus loin que ce feldspath résiste à l'action de l'acide azotique à chaud ; ce n'est donc pas de l'anorthite ; il ne présente pas les mâcles si souvent caractéristiques du microcline. C'est donc vraisemblablement du *labrador*, et son aspect général coïncide du reste avec cette détermination : sous les Nicols croisés, pour les épaisseurs habituelles aux plaques très-minces dont nous avons fait usage, il se colore en gris-bleuâtre, et ses lamelles hémitropes sont en général assez largement développées.

IV. Vacuoles. La variolite présente fréquemment des vacuoles circulaires, de diamètre variable, qui ont attiré l'attention de MM. Delesse et Zirkel. Leur remplissage habituel ne nous paraît pas conforme à ceux que signalent ces deux auteurs ; il montre au contraire la plus grande analogie avec celui des filons secondaires à labrador et pyroxène ; les longues aiguilles d'*actinote* que nous avons déjà vues s'implanter sur les bords des filonnets, convergent souvent ici vers le centre, perpendiculairement aux bords de la sorte de capsule qui les contient. Le labrador est généralement le remplissage dominant ; l'*augite*, plus rare, semble en partie remplacé par une matière presque amorphe, serpentineuse, qui remplit volontiers le centre de la vacuole ; parfois ce centre est vide et comme carié, et sur les bords de la carie on découvre de délicats petits globules d'*opale*, qui présentent, entre les Nicols croisés, la croix noire estompée des sphérolithes colloïdes. Parfois même on voit, associées à la serpentine, de petites lamelles hexagonales, incolores, irrégulièrement groupées, qui s'éteignent entre les Nicols croisés et qui ressemblent fort à de la *tridymite ;* elle existe non-seulement dans les vacuoles sphériques, mais aussi dans de petites druses irrégulières, remplies de serpentine, qui se sont isolées au sein de la pâte de certaines variolites.

Pour compléter l'énumération des minéraux que contiennent souvent ces vacuoles, il faut encore citer le fer oligiste en lamelles d'un rouge vif, quelquefois d'assez grande dimension, en relation de voisinage avec les cristaux de pyroxène. Du reste le fer oligiste se présente aussi quelquefois dans la pâte même de la variolite, accouplé aux petits granules pyroxéniques; d'autres fois il occupe le centre de cristaux de pyroxène transformés en serpentine et empâtés dans les globules de certains échantillons du Mont-Genèvre.

Composition minéralogique de la variolite; résumé. Si nous résumons les précédentes observations, nous conclurons que la variolite présente l'association suivante de minéraux :

1° Dans les **globules,** l'*oligoclase* forme des fibrilles et des pseudo-cristallites; le *pyroxène,* des granules plus ou moins agrégés; l'*actinote,* des microlithes lamelleux.

2° Dans la **pâte,** on peut distinguer une *matière presque amorphe,* serpentineuse, des granules de *pyroxène,* et, comme élément dominant, l'*actinote* lamelleuse, parfois associée à la *hornblende.*

3° Dans les **filonnets** et les **vacuoles,** on trouve du *labrador,* du pyroxène *augite,* des aiguilles d'*actinote,* des microlithes d'*apatite,* et, comme minéraux secondaires, la même *matière verte amorphe* que dans la pâte, de l'*opale,* de la *tridymite* et du *fer oligiste.*

Nous avons cherché à vérifier ces conclusions par divers procédés chimiques, et d'abord en mettant à profit les remarquables observations qu'on doit à M. Fouqué au sujet des différences que présente, dans sa rapidité, l'attaque par l'acide fluorhydrique des substances amorphes, des feldspaths et des bisilicates (pyroxène, amphibole); on sait que ces derniers résistent incomparablement mieux et s'attaquent même difficilement.

Vérifications; résultats de l'attaque des plaques minces de variolite par les acides. Acide fluorhydrique concentré. Nous avons opéré sur une lame mince découverte et collée avec du baume de Canada sur un verre ordinaire; on a disposé sur cette lame une cellule en bitume de Judée, en ayant soin que le bourrelet de bitume anticipât partout un peu sur le bord de la lame de variolite. Dans cette cellule, on a déposé pendant trois ou quatre minutes quelques gouttes d'acide fluorhydrique concentré, puis on a lavé à grande eau et recouvert la préparation d'une lame de verre mince.

Tout le feldspath des globules s'est montré entièrement attaqué; il n'a plus d'action sur la lumière polarisée, et à la lumière ordinaire il est devenu trouble et nuageux. Les petites lamelles d'actinote des globules sont en partie attaquées; plusieurs d'entre elles agissent cependant encore sur la lumière polarisée. Les plages d'actinote de la pâte, qui sont, dans la plaque étudiée, d'assez grande dimension, ont entièrement résisté, ainsi que la hornblende qui les accompagne, et que le pyroxène des filonnets secondaires. Les petits granules pyroxéniques des globules et de la pâte méritent une mention spéciale, à cause de leur entière conservation, malgré l'extrême ténuité de leurs dimensions.

Attaque par l'acide fluorhydrique étendu. On a disposé, entre deux lamelles de fluorine incolore et bien transparente, une lame mince de

variolite bien débarrassée de baume par des lavages dans la benzine, et l'on a introduit par capillarité une goutte d'acide fluorhydrique dilué entre les deux lamelles. Ce délicat procédé, dû à M. Fouqué, permet de suivre au microscope ordinaire les progrès de l'attaque, et de l'arrêter au point voulu. Dans l'espèce l'attaque a été prolongée 24 heures.

La matière feldspathique des globules est nettement attaquée : les fibres élémentaires sont devenues nuageuses et ne polarisent plus; mais à leur passage à travers les pseudo-cristallites, elles sont épargnées, de telle sorte que ces derniers ressortent comme des bâtonnets blancs au milieu d'une masse semi-opaque; entre les Nicols croisés, on saisit d'autant mieux leur composition complexe, qu'ils se trouvent isolés dans un magma qui ne polarise plus; le plus grand nombre d'entre eux ne s'éteint pas en une fois, parce que les fibres élémentaires dont ils sont composés ne restent pas parallèles dans toute la longueur d'un même bâtonnet. Tous les autres éléments de la roche sont intacts. Du reste l'attaque a été très-peu énergique, car le feldspath triclinique des filons secondaires est aussi épargné que les pseudo-cristallites des globules.

On saisit nettement dans cette expérience l'influence de l'état physique des minéraux sur la rapidité de leur attaque : les fibres feldspathiques élémentaires ont sans doute plus rapidement cédé parce que leurs dimensions transversales sont plus réduites.

Un des résultats de leur attaque a été la formation de fluosilicates auxquels la lenteur même de l'opération a permis de cristalliser à loisir : d'où la formation, dans le liquide en excès, de microlithes et aussi de formes cristallitiques extrêmement délicates; nous avons pu recueillir cette poussière cristalline, en la faisant sécher et la poussant ensuite dans une goutte de baume de Canada dissout dans la benzine, au moyen d'un pinceau. Ses mouvements moléculaires n'ont pas cessé, même après la solidification apparente du baume. On y distingue de petits prismes hexagonaux à peu près aussi larges que longs, terminés par des pointements surbaissés, souvent tronqués par une face basale. Les sections hexagonales sont éteintes entre les Nicols croisés dans toutes leurs positions; les prismes, couchés suivant leur longueur, polarisent fortement et s'éteignent parallèlement à leur grand axe. Mais en outre, on découvre tous les passages de ces microlithes aux cristallites tels que les a définis Vogelsang. On trouve en effet de vrais petits globules, tantôt isolés, tantôt servant de centre à des étoiles à six branches, à pointes très-obtuses; il existe aussi de petites productions en forme de feuille d'acanthe. Tous ces cristallites sont hérissés de très-petits prismes allongés, présentant la forme habituelle des fluosili-

cates qui se produisent dans ces attaques; ce sont ces petits prismes, jadis libres et isolés, qui ont été attirés après coup dans le baume de Canada, et qui sont venus hérisser la surface des cristallites, à l'exclusion des véritables microlithes.

Attaque par l'acide azotique à chaud. Dans le but de vérifier si le feldspath des filons secondaires n'était pas de l'anorthite, nous avons soumis une plaque mince de variolite à l'action prolongée de l'acide azotique bouillant; le résultat a été négatif et tous les éléments cristallisés de la roche sont restés intacts, à l'exception des fibres feldspathiques élémentaires, qui sont devenues légèrement nuageuses.

Analyse complète des globules et de la pâte. Nous consignons ci-dessous les résultats de quelques analyses que nous avons faites, en triant aussi complétement que possible la matière des globules de celle de la pâte.

La variolite sur laquelle nous avons opéré provient d'un galet roulé du torrent de Cervières; à l'œil nu, c'est une roche à pâte vert-foncé, contenant de petits globules vert-clair de 1 à 3^{mm} de diamètre; elle présente au microscope une certaine quantité de matière amorphe. Nous l'avons choisie parce qu'elle contient très-peu de filons secondaires.

La méthode d'analyse adoptée a été celle par fusion avec la chaux, que l'on doit à MM. Henri Sainte-Claire-Deville et Fouqué. Un premier verre obtenu en fondant parties égales de la pâte vert-foncé et de carbonate de chaux, a donné des indices de cristallisation : la surface du culot, d'un noir terne, présentait des lamelles grossièrement hexagonales et finement arborisées dans leur intérieur, comme on pouvait le constater avec un grossissement de 30 diamètres, à la lumière réfléchie. Ce verre, réduit en lame mince, s'est montré extrêmement opaque, à la façon de certaines hyalomélanes; il est cependant parsemé de fines traînées parallèles, associées en arborisation, transparentes et polarisant en couleurs vives. On voit par l'analyse I qu'une pareille addition de carbonate de chaux donne au verre en question une composition dans laquelle

$$\dot{R} : \ddot{\bar{R}} : \ddot{Si} = 26,40 : 10,35 : 24,04.$$

L'addition d'une quantité de chaux moitié moindre permet d'obtenir au chalumeau à gaz un verre parfaitement limpide et plus facilement attaquable par les acides.

On remarquera que pour la matière des globules notre analyse concorde très-approximativement avec celle de M. Delesse; les densités sont également presque identiques. Mais il y a contradiction, et pour les analyses, et pour les densités, entre les résultats obtenus par M. Delesse pour la roche prise en bloc, et ceux que nous a donnés la pâte

I et II. *Analyse de la pâte presque exempte de globules.*
III. — *d'une variolite en masse par M.* Delesse (1).
IV. — *des globules, triés autant que possible de la pâte.*
V. — *des globules par M.* Delesse (1).

	PATE				ROCHE EN MASSE		GLOBULES			
	I		II		III		IV		V	
	°/o	Oxygène	°/o	Oxygène	°/o	Oxygène	°/o	Oxygène	°/o	Oxygène
$\ddot{Si}$	*45,08*	24,04	*45,23*	24,12	*55,20*	29,44	*56,90*	30,34	*57,22*	30,51
$\dddot{Al}^2$	*22,17*	10,35	*19,56*	9,13	*12,29*	5,74	*19,24*	8,98	*17,74*	8,28
$\dot{Fe}$	*12,55*	2,79	*13,24*	2,94	*11,68*	2,60	*6,28*	1,39	*7,15*	1,59
$\dot{Ca}$	*6,62*	1,89	*5,29*	1,51	*6,17*	1,76	*9,41*	2,68	*8,93*	2,54
$\dot{Mg}$	*13,00*	5,20	*14,96*	5,98	*9,42*	3,77	*5,80*	2,32	*3,48*	1,39
$\dot{K}$	*0,65*	0,11	*0,55*	0,09	*1,21*	0,20	*0,59*	0,10	*0,24*	0,04
$\dot{Na}$	*1,59*	0,41	*1,70*	0,44	*3,21*	0,83	*4,16*	1,07	*3,79*	0,98
									$\dddot{Cr}^2$ *0,52*	0,16
Totaux....	*101,66*		*100,53*		*99,18*		*102,38*		*99,07*	
Perte par calcination.......	*5,27*		*5,29*		*4,58*		*2,00*		*1,93*	
Densité....	*3,069*		»		*2,896*		*2,920*		*2,923*	
$\dot{R} : \ddot{R} : \ddot{Si} =$	10,40 : 10,35 : 24,04		10,96 : 9,13 : 24,12		9,16 : 5,74 : 29,44		7,56 : 8,98 : 30,34		6,54 : 8,44 : 30,51	

(1) *Ann. des Mines*, 4e sér., t. XVII, p. 116; 1850. Les résultats dus à M. Delesse sont rapportés ici à 100 parties, abstraction faite des matières volatiles.

de la variolite. En effet l'analyse III indiquerait que la pâte est moins riche en alumine que les globules, tandis que les analyses I et II conduisent à une conclusion opposée. M. Delesse a trouvé que la variolite, prise en bloc, aurait une densité inférieure à celle des globules, et il rapporte cette anomalie à ce fait que la pâte, étant plus éloignée de l'état cristallin que les globules, doit être composée d'éléments moins condensés. Nous avons vu que l'examen microscopique écarte cette hypothèse et que la densité de la pâte des variolites doit se rapprocher de celle de l'actinote qui en est l'élément dominant; pour obtenir cette densité, nous avons eu soin de sécher soigneusement et longtemps la matière à 100°.

Les résultats que l'examen microscopique nous a fournis vont nous permettre de discuter d'une façon plus approfondie les nombres donnés par l'analyse chimique. Choisissons les analyses II et IV; nou savons que IV représente le mélange d'un feldspath $\left(\dot{\mathrm{R}} + \dddot{\bar{\mathrm{R}}} + \frac{x}{2}\,\ddot{\mathrm{Si}}\right)$ et d'un bisilicate (pyroxène, amphibole). Nous admettrons, d'après les données pratiques que de nombreuses analyses ont fournies à M. Fouqué, que l'alumine ($Al^2\,O^3 = Al\,O + Al\,O^2$) peut être considérée comme un bisilicate, et se mélanger au pyroxène ou à l'amphibole en proportions quelconques; la formule générale du bisilicate sera donc dans l'espèce : $\dot{\mathrm{R}} + \ddot{\mathrm{Si}} + p\,\dddot{\bar{\mathrm{R}}}$, p étant un nombre positif quelconque. L'analyse IV doit donc correspondre à la formule :

$$(1)\ m\left(\dot{\mathrm{R}} + \dddot{\bar{\mathrm{R}}} + \frac{x}{2}\,\ddot{\mathrm{Si}}\right) + n\,(\dot{\mathrm{R}} + \ddot{\mathrm{Si}} + p\,\dddot{\bar{\mathrm{R}}}),$$

avec la condition $p \geqslant 0$ et la probabilité que la matière feldspathique doit prédominer sur l'élément bisilicaté, en raison même du soin avec lequel le triage des globules a été effectué.

Or nous connaissons les rapports d'oxygène des protoxydes, des sesquioxydes et de la silice dans l'analyse IV, et nous pouvons la mettre sous la forme :

$$(2)\ 7{,}56 \times \dot{\mathrm{R}} + 8{,}98 \times \frac{\dddot{\bar{\mathrm{R}}}}{3} + 30{,}34 \times \frac{\ddot{\mathrm{Si}}}{2}.$$

Sous cette forme, il est nécessaire que la fonction (1) soit identique avec elle; assimilant donc les coefficients qui représentent les quantités totales d'oxygène de $\dot{\mathrm{R}}$, $\dddot{\bar{\mathrm{R}}}$, $\ddot{\mathrm{Si}}$ dans (1) et (2), nous obtenons les trois équations suivantes, qui contiennent quatre inconnues, p, m, n et x :

$$(3)\ m + n = 7{,}56$$
$$(4)\ 3\,m + 3\,np = 8{,}98$$
$$(5)\ mx + 2\,n = 30{,}34.$$

D'où : $(6)\ n = \frac{7{,}56\,x - 30{,}34}{x - 2},$

et : $(7)\ p = \frac{3\,n - 13{,}70}{3\,n} \geqslant 0.$

D'où enfin : $(8)\ n \geqslant 4{,}56.$

Supposons maintenant que nous ayons successivement affaire à chacun des feldspaths, et voyons si la condition (8) est remplie.

Pour l'anorthite, $x_1 = 4$, $n_1 < 0$.
Pour le labrador, $x_2 = 6$, $n_2 = 3{,}75 < 4{,}56$.
Pour l'oligoclase, $x_3 = 9$, $n_3 = 5{,}3857$.
Pour l'albite, $x_4 = 12$, $n_4 = 6{,}038$.

On voit que n ne devient possible que pour l'oligoclase ou l'albite (en faisant abstraction de l'orthose et du microcline, à cause de la forte proportion de soude que révèle l'analyse IV). Encore y a-t-il lieu de remarquer que, même au point de vue de la discussion exclusivement chimique, l'oligoclase est le seul feldspath vraisemblable, car l'élément feldspathique domine visiblement dans les globules, et le coefficient m est trop petit pour l'hypothèse $x_4 = 12$.

Si donc nous acceptons $x = 9$, les autres inconnues sont déterminées et nous pouvons calculer les quantités d'oxygène contenues dans l'oligoclase et dans les bisilicates pour $\dot{R}$, $\dddot{R}$, $\ddot{Si}$. Nous arrivons ainsi au tableau suivant, dans lequel on reconnaîtra l'analyse IV décomposée en ses éléments minéralogiques ; on a naturellement attribué à l'oligoclase tous les alcalis et une partie de la chaux, au bisilicate tout le fer, toute la magnésie et la chaux restante.

	ANALYSE N° IV		OLIGOCLASE			AMPHIBOLE ET PYROXÈNE		
	°/o	Oxygène	Coefficients	Oxygène	Éléments	Coefficients	Oxygène	Éléments
$\ddot{Si}$	56,90	30,34	$9\,m =$	19,5686	36,69	$2\,n =$	10,7714	20,21
$\dddot{Al}^2$	19,24	8,98	$3\,m =$	6,5229	13,96	$3\,np =$	2,4571	5,28
$\dot{Fe}$	6,28	1,39		»	»		1,3900	6,28
$\dot{Mg}$	5,80	2,32		»	»	$n =$	2,3200	5,80
$\dot{Ca}$	9,41	2,68		1,0043	3,52		1,6757	5,89
$\dot{K}$	0,59	0,10	$m =$	0,1000	0,59		»	»
$\dot{Na}$	4,16	1,07		1,0700	4,16		»	»
	102,38				58,92			43,46

On voit qu'il y aurait environ 60 °/o d'oligoclase et 40 °/o d'amphibole et de pyroxène dans la matière analysée ; pour ces derniers minéraux les quantités de chaux et d'oxyde de fer contenues sont comparables entre elles et conformes à la composition de certaines actinotes.

En appliquant la même méthode à l'analyse II, on arriverait à la conclusion que les bisilicates y entrent pour 91,68 °/o, et que l'oxyde

de fer y prédomine sur la chaux, ce qui indique une certaine abondance d'augite et de hornblende par rapport à l'actinote.

Cette interprétation des analyses de la pâte et des globules concorde entièrement avec les nombres que nous avons trouvés pour leurs densités respectives, et pourrait même servir à les trouver par le calcul : ainsi la densité des globules serait égale aux deux cinquièmes de celle de l'actinote, plus les trois cinquièmes de celle de l'oligoclase ; en attribuant à l'oligoclase une densité de 2,69, et à l'actinote, relativement riche en fer, une densité de 3,12, la densité cherchée serait égale à :

$$2{,}69 \times \frac{58{,}92}{102{,}38} + 3{,}12 \times \frac{43{,}46}{102{,}38} = 2{,}90.$$

Ce nombre est bien voisin de celui qui a été trouvé directement.

COMPARAISON AVEC LES EUPHOTIDES.

On voit, par ce qui précède, qu'un des caractères de la variolite est de présenter dans un même échantillon, dans une même plaque mince, presque toutes les variétés d'amphibole et de pyroxène. Cette association n'est pas particulière à la variolite : déjà dans plusieurs porphyres noirs du terrain houiller inférieur (Quenast (1), Loire (2), Morvan), nous avons signalé le même phénomène ; les roches à ouralite du Tyrol en donnent un bel exemple, récemment étudié par MM. vom Rath (3) et Studer. M. Fouqué étudie en ce moment une belle série de roches tertiaires entièrement cristallisées, rejetées en débris par certains volcans, et qui présentent à un haut degré ce genre d'association. Enfin les euphotides (gabbros) sont connues, depuis les travaux de MM. Kohler et G. Rose, pour contenir des mélanges de diallage et d'amphibole, et les recherches microscopiques ont étendu et confirmé cette détermination.

Il nous a paru intéressant de comparer les éléments bisilicatés de la variolite de la Durance avec ceux que contiennent les euphotides voisines, qui sont en relation de gisement avec elles. Cette comparaison a été étudiée sur des euphotides à grain fin du Mont-Genèvre, recueillies en place par M. Hébert et qui se prêtent facilement à la confection des plaques minces. Elles présentent à l'œil nu une association de feldspath mat, verdâtre, et de diallage vert-foncé, à reflets éclatants.

(1) De La Vallée Poussin et Renard, *Mémoire sur les caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique*, etc.; 1876. Le porphyre de Quenast est signalé comme contenant de la hornblende, de l'augite, de l'ouralite.

(2) *Bull. Soc. géol. France*, 3e sér., t. IV, p. 114 ; 1875.

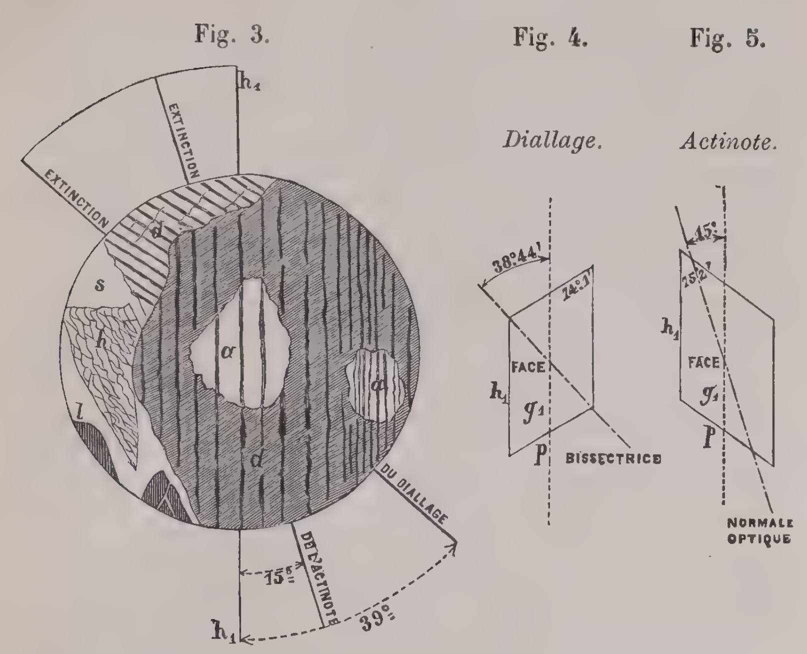
(3) *Der Monzoni*; 1875.

Au microscope, le feldspath, dont la composition se rapproche de celle du labrador (1), se montre entièrement transformé en Saussurite et polarise à la façon des agrégats ; il est cassé et recimenté par une matière vert-émeraude, serpentineuse (2), encore dichroïque et fibreuse par places, souvent remplie de microlithes aigus d'actinote. Le diallage, en grandes plages à contours irréguliers, présente généralement les petits microlithes bruns caractéristiques de cette espèce minérale et auxquels on rapporte son éclat bronzé ; ils sont ici principalement rangés suivant le plan h_1 séparatif des lamelles. Le diallage, d'un brun clair, est à peine dichroïque ; sur les bords de ses plages, il est associé à une substance très-dichroïque, qui semble servir d'intermédiaire entre le diallage et la matière serpentineuse moulant tous les autres éléments de la roche. Ce minéral dichroïque, vert et brun, présente les clivages de l'amphibole, et ses extinctions sont celles de la hornblende.

Mais ce n'est pas la seule matière amphibolique que montre cette euphotide du Mont-Genèvre : le diallage a une tendance marquée à passer à une substance lamelleuse comme lui, sensiblement dichroïque dans les teintes du vert-émeraude, et qui par son aspect rappelle entièrement l'actinote verte lamelleuse de la pâte des variolites. Tantôt c'est une fibre du diallage qui présente en certains points ces divers caractères ; tantôt c'est une plage sans contours nets, qui est entièrement noyée dans le diallage à microlithes caractéristiques ; alors les microlithes se font rares et disparaissent même peu à peu entièrement dans la plage de substance dichroïque. De plus, et bien que les plans séparatifs des lamelles de diallage se continuent sans interruption à travers la substance dichroïque, son extinction n'est pas simultanée avec celle du diallage voisin. Quand la plaque mince coupe ce dernier minéral parallèlement à la face g_1, on en est prévenu par son angle d'extinction, qui fait alors environ 39° avec la direction des lamelles (fig. 4) ; or, dans ce cas, que nous a présenté une des plaques de l'euphotide du Mont-Genèvre (fig. 3), la substance verte sensiblement dichroïque s'est éteinte à 15° de la même direction et dans le même sens de rotation que le diallage. C'est exactement l'angle d'extinction de l'actinote coupée parallèlement à la face g_1 (fig. 5). Il est en outre facile de s'assurer que dans l'espèce, et à cause du sens dans lequel s'effectue la rotation, l'actinote est maclée avec le diallage suivant h_1 et par rotation de 180° autour d'un axe perpendiculaire. On sait

(1) Delesse, *Recherches sur l'euphotide, Bull. Soc. géol. France*, 2e sér., t. VI, p. 547 ; 1849.

(2) Zirkel, *Mikr. Beschaffenheit*, p. 442.



a, *actinote* ; *d*, *diallage* ; *h*, *hornblende* ; *s*, *serpentine* ; *l*, *saussurite.*

que pour la hornblende l'extinction se ferait généralement suivant un angle voisin de 0°.

Il nous paraît difficile de décider si la hornblende et l'actinote qui sont associées si intimement au diallage dans l'euphotide du Mont-Genèvre, sont promorphiques ou représentent une épigénie du diallage ; en tout cas elles ont une extrême analogie d'aspect avec la hornblende et l'actinote de la pâte des variolites. Quant au diallage, nous avons vu qu'il semble remplacé dans la variolite par d'autres variétés de pyroxène.

STRUCTURE DE LA VARIOLITE.

I. Nous avons vu que les *globules* de la variolite peuvent être considérés comme entièrement composés de substances cristallisées : les fibres élémentaires d'oligoclase allongées suivant l'arête pg_1, qui coïncide approximativement avec un des axes principaux d'élasticité de ce feldspath, ont une tendance évidente à se grouper parallèlement ou radialement. Il est rare de trouver dans la variolite une disposition radiale, divergeant régulièrement d'un centre unique ; cependant ce cas s'est présenté à nous ; il engendre de vrais sphérolithes donnant

une croix noire entre les Nicols croisés ; il est facile de vérifier que cette croix noire, située dans les plans principaux des Nicols, est exclusivement due à l'extinction longitudinale des fibres feldspathiques ; les petites rangées de microlithes pyroxéniques et amphiboliques n'interviennent pas dans le phénomène et, prises dans leur ensemble, donnent une polarisation d'agrégat pour les raisons que nous avons étudiées plus haut.

Plus fréquemment les arborisations de fibres feldspathiques divergent d'une arête diamétrale allongée, formée par quelques fibres plus épaisses que les autres ; ces dernières dessinent alors des sortes de cycloïdes tangentes à l'arête centrale et emboîtées l'une dans l'autre.

Mais le cas général consiste dans une agglomération microlithique arborisée, à directions et centres multiples, qui dans son ensemble affecte une forme grossièrement globulaire, absolument comme les arborisations laiteuses de pyroxène dans les fonds de creusets de verrerie. Du reste la matière des globules forme aussi des traînées irrégulières dans la pâte de la variolite, comme on peut s'en convaincre en regardant même à l'œil nu quelques plaques minces.

Les pseudo-cristallites ou bâtonnets d'oligoclase se montrent surtout abondants à la périphérie des globules et des lambeaux de matière feldspathique, dans le voisinage de la pâte ; ils nous paraissent devoir être rapportés à un premier retrait subi par cette matière, avant sa solidification définitive.

On rencontre dans la même situation des sortes de bourrelets moins translucides et plus nuageux que le reste de la matière feldspathique, et qui rappellent tout à fait par leur aspect celui de l'attaque des globules par l'acide fluorhydrique dilué ; il est probable qu'ils doivent leur origine à une cause analogue et ne sont que la transformation de la matière des globules par des agents secondaires.

L'entraînement que la cristallisation de l'oligoclase a fait subir aux granules de pyroxène et aux lamelles d'actinote, rend vraisemblable que ces microlithes se sont consolidés avant la matière feldspathique.

II. La *pâte* qui englobe les globules, paraît souvent s'être prise en masse, et les plages d'actinote y présentent simplement une structure granulitique entre les Nicols croisés. Parfois cependant, la structure de la variolite est plus complexe et plus instructive : ainsi, les petits granules de pyroxène qui sont l'élément de la pâte dont la consolidation est la plus ancienne, sont parfois entraînés par un mouvement fluidal dont ils dessinent les remous avec une extrême délicatesse ; ils contournent alors les globules, et d'ailleurs des lambeaux de matière feldspathique sont visiblement entraînés et disloqués par la fluidalité ; ce qui prouve que l'isolement de l'oligoclase s'est produit avant la con-

solidation de la pâte, avant même la cessation de tout mouvement d'écoulement de la roche.

La pâte elle-même s'est consolidée en plusieurs fois; elle forme autour de certains globules des couronnes de nuances diverses, les premières d'un vert plus foncé que les suivantes, dont la composition élémentaire ne varie pas sensiblement, mais qui entraînent et disposent en une série de cercles concentriques les petits granules pyroxéniques anciens.

D'autres fois, comme M. Zirkel l'a déjà fait remarquer, ces granules, régulièrement espacés, se disposent en traînées rectilignes, à la façon de ceux qui servent d'arêtes aux pseudo-cristallites des globules; cette disposition ne se rencontre qu'au voisinage des globules. M. Zirkel remarque bien qu'elle ne coïncide nullement ici avec l'existence d'une substance cristallisée allongée dans le même sens, mais il persiste à y voir une tendance aux phénomènes cristallitiques. Pour nous, au contraire, nous attribuons à cette structure la même origine qu'à celle des pseudo-cristallites : c'est une tendance au retrait dans une matière encore mal solidifiée.

Nous avons trouvé une confirmation de cette hypothèse dans la structure rare et curieuse d'une variolite roulée du torrent de Cervières. Les petits granules pyroxéniques y sont disposés en enroulements réguliers, tangents les uns aux autres et aux globules, et simulant absolument la structure perlitique. Cependant aux plus forts grossissements on ne peut apercevoir de solution de continuité. D'autres granules dans la même roche se disposent en traînées rectilignes parallèles, qui ne paraissent pas troubler les précédents enroulements, à travers lesquels on les voit continuer leur chemin; il y a donc eu ici tendance à la structure perlitique proprement dite. Dans cette dernière roche, qui est celle dont nous avons donné plus haut l'analyse chimique, la pâte contient une certaine quantité de matière amorphe, et les bordures vert foncé qui entourent les globules renferment plus d'actinote que cette pâte elle-même.

Mais plusieurs variolites franchement fluidales (Durance, variolite en galet de la côte de Pouzzoles) montrent entre les Nicols croisés une pâte presque entièrement cristallisée et remplie d'actinote; on peut alors constater que ce dernier minéral a cristallisé postérieurement au mouvement fluidal; ses lamelles, d'assez grande dimension, se développent un peu au hasard, parfois perpendiculairement aux alignements fluidaux dessinés par les petits courants de granules pyroxéniques, et elles n'ont subi aucune dislocation. Elles atteignent leurs dimensions maxima dans les lambeaux de pâte parfois englobés dans la matière feldspathique des globules.

Nous pouvons maintenant nous faire une idée d'ensemble sur la consolidation des différents éléments de la variolite. Les granules pyroxéniques sont les plus anciens, puis viennent les lamelles d'actinote des globules ; l'oligoclase s'est isolé avant et pendant la période d'écoulement fluidal ; puis la pâte s'est à son tour consolidée en plusieurs fois, et l'actinote, quelquefois accompagnée de hornblende, y a cristallisé postérieurement à tout mouvement d'étirement.

III. Il nous reste à discuter l'époque de production et l'origine des vacuoles sphériques qui sont fréquentes dans un grand nombre d'échantillons. Plusieurs de ces vacuoles sont découpées comme à l'emporte-pièces, dans la substance des globules, dont les fibres feldspathiques ne sont pas déviées au voisinage ; parfois alors, les globules contiennent aux alentours des épigénies en serpentine d'anciens cristaux de pyroxène en forme de rectangles ou de losanges ; les pseudomorphoses se groupent en couronne grossière autour des vacuoles, dont la production paraît ainsi antérieure à celle des substances qui les environnent. Dans d'autres exemples encore plus probants, les vacuoles sont entourées, comme les globules, par des couronnes régulières de pâte, entraînant les petits granules pyroxéniques anciens ; la fluidalité et même des lambeaux de matière feldspathique contournent alors les vacuoles et leur assignent ainsi une origine antérieure à la consolidation définitive de l'élément qui constitue les globules de la variolite. La roche était donc encore à l'état plastique lors de la formation des vacuoles, et tout semble indiquer que ce sont des bulles de gaz postérieurement remplies par les actions secondaires, et notamment par les petits filons pyroxéniques récents.

CONCLUSIONS.

On voit que nos conclusions sont essentiellement différentes de celles de M. Zirkel : pour nous, les analogies pétrographiques font de la variolite le terme compacte de la classe des euphotides; il semble que, lors de la grande venue éruptive du Mont-Genèvre, la variolite se soit consolidée plus rapidement que la masse principale du dyke et à sa surface. Servant ainsi de condenseur aux émanations volatiles qui provenaient du centre, la variolite a dû se charger d'un léger excès de silice par rapport à la moyenne générale, d'où la production de l'oligoclase à la place du labrador qui caractérise l'euphotide ; les filons de labrador et de pyroxène qui traversent si constamment la variolite, datent de la consolidation définitive de l'euphotide dont ils représentent de simples ramifications.

Les structures fluidale et perlitique, parfois apparentes dans la

variolite, y sont en général masquées par la cristallisation récente de l'actinote qui forme la pâte de la roche ; il est extrêmement remarquable que l'oligoclase des globules se soit consolidé avant la majeure partie de l'élément bisilicaté.

Quant aux globules, il faut les considérer comme entièrement cristallisés, à la façon de ceux des laitiers et des verres ; ils ne méritent en aucune façon le nom de pétrosiliceux et n'ont qu'une analogie superficielle avec les globules colloïdes que présentent les roches acides.

Au point de vue minéralogique, la variolite contient une nouvelle forme d'oligoclase qui met en évidence ses curieuses propriétés optiques et sa symétrie relative. La variolite présente en outre un nouvel exemple de l'association, dans une même roche, des différentes variétés d'amphibole et de pyroxène.

DES DIFFÉRENTES FORMES DE SPHÉROLITHES DANS LES ROCHES ÉRUPTIVES.

Il nous paraît utile de résumer, en terminant, les caractères que peuvent affecter les sphérolithes dans les roches éruptives. On sait que tout corps minéral peut se présenter à l'état amorphe ou cristallisé; entre ces deux termes extrêmes, il existe une série d'états intermédiaires, les uns colloïdes, les autres cristallitiques ; non pas qu'on puisse établir une distinction absolument tranchée entre ces deux séries de phénomènes : car l'opale, type colloïde par excellence, présente des formes cristallitiques, ou du moins globulitiques très-caractérisées. Cependant il existe une différence fondamentale dans la façon suivant laquelle un laitier basique de haut-fourneau, par exemple, passe de l'état vitreux à l'état de pyroxène cristallisé, et celle que suit l'opale pour passer à la tridymite, à la calcédoine et au quartz.

Nous distinguerons donc ici successivement les sphérolithes entièrement colloïdes ; — en partie colloïdes, en partie cristallisés ; — entièrement cristallisés.

Sphérolithes entièrement colloïdes. Les matières absolument colloïdes sont par elles-mêmes sans action sur la lumière polarisée ; leurs sphérolithes s'éteindront entièrement, dans toutes les directions, entre les Nicols croisés. Pour faire une énumération complète, nous devons mentionner, à côté de ce premier type simple de sphérolithes, les formes globulitiques que Vogelsang considère comme la première manifestation d'une individualisation quelconque dans le sein d'un magma homogène ; nous avons cité des globulites de fluosilicates dans le cours de ce mémoire.

Dans cette première catégorie, on peut ranger certains globules pétrosiliceux promorphiques des perlites tertiaires, et les nombreux globules d'origine secondaire que forme si fréquemment l'opale dans toutes les roches volcaniques.

Cependant de pareils globules sont susceptibles d'agir sur la lumière polarisée à la façon du verre comprimé. Comme la compression s'exercera généralement d'une façon symétrique par rapport au centre, il en résultera des couches sphériques de densités régulièrement variables, et, par suite, entre les Nicols croisés, la formation d'une croix noire à contours indécis, dont les branches seront situées dans les plans principaux des Nicols, par raison de symétrie. Si l'on rend les Nicols parallèles, la croix noire précédente sera remplacée par une croix blanche présentant un maximum d'intensité lumineuse, complémentaire du minimum précédent ; par suite, on observera à 45° des plans principaux des Nicols une croix grise, et la précédente croix noire paraîtra avoir tourné de 45° pendant que l'un des Nicols aura tourné de 90°. Si, laissant les Nicols croisés, on fait tourner la plaque mince sur le porte-objet du microscope, la croix noire restera dans les plans principaux des Nicols et ses branches se projetteront ainsi successivement sur toutes les parties du sphérolithe. Il est à remarquer que dans les globules colloïdes la croix noire conserve une grande perfection jusqu'à son centre, mais que la périphérie des sphérolithes est cerclée de noir.

L'opale, la serpentine, la pinite, présentent fréquemment ces diverses apparences ; un porphyre noir du Morvan, recueilli à la montée vers Villeneuve, sur la grand'route de Saint-Honoré à Luzy, nous a fourni le plus bel exemple que nous connaissions de globules entièrement colloïdes en serpentine.

Sphérolithes en partie colloïdes, en partie cristallisés. Dans certains sphérolithes encore fortement colloïdes, il s'isole de petits cristaux de différentes natures, à contours insaisissables aux plus forts grossissements, qui sont entraînés dans les zones successives de concrétion ; leur action sur la lumière polarisée doit s'ajouter à celle qui peut être due à la compression, et même dans nombre de cas cette action est de beaucoup dominante : les contours des ombres sont beaucoup plus nettement accentués, les parties claires se colorent légèrement ; cependant l'état encore colloïde de la substance conserve au globule sa régularité de concrétion et son centre en général unique, même dans les pyromérides à très-gros sphérolithes.

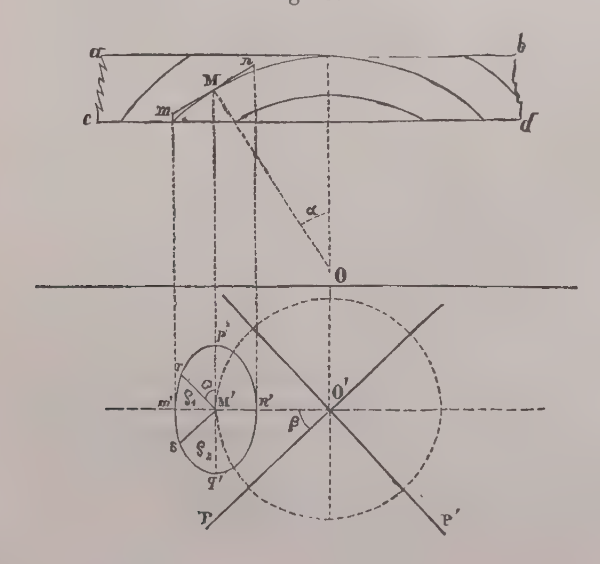
I. Nous supposerons ici que les cristaux individualisés sont d'assez petite taille et assez éloignés les uns des autres pour échapper à toute action d'orientation cristallographique réciproque, et nous distinguerons

d'abord le cas où ces petits cristaux ont *un axe de symétrie se confondant avec un axe d'élasticité optique (systèmes quadratique, hexagonal et rhombique)*. Pour des raisons de symétrie faciles à saisir, l'axe principal des petits cristaux sera toujours entraîné radialement ou tangentiellement dans les zones successives de concrétions concentriques.

1° Les petits cristaux, entraînés *radialement,* projetteront leur axe suivant des lignes passant toutes par le centre du sphérolithe ; ils ne s'éteindront que lorsque la projection de cet axe sera parallèle ou perpendiculaire aux plans principaux des Nicols ; d'où suit la production d'une croix noire située précisément dans ces plans principaux.

2° Les petits cristaux entraînés *tangentiellement* donneront naissance à des phénomènes optiques plus complexes, qui seront fonction du point considéré dans le sphérolithe et de la position de son centre par rapport à la section due à la lame mince. Prenons le cas le plus général et considérons un point M (fig. 6) et un sphérolithe coupé d'une façon quelconque par une plaque mince $a\ b\ c\ d$; soit O le centre du sphérolithe, α l'angle que fait le rayon OM avec la perpendiculaire à la plaque passant par le centre O ; projetons le sphérolithe sur un plan parallèle à la plaque mince et appelons β l'angle de la projection O'M' du rayon OM avec la trace d'un des plans principaux des Nicols, O'P, O'P'. Les petits cristaux entraînés tangentiellement en M ont une longueur moyenne $Mm = l$, et peuvent être considérés comme se répartissant également dans toutes les directions ; on peut donc les

Fig. 6.



assimiler, au point de vue optique, aux rayons d'un cercle situé dans le plan tangent au sphérolithe, ayant le point M pour centre et l pour rayon.

Ce petit cercle se projettera sur le plan de la plaque suivant l'ellipse $m' p' n' q'$, et il est visible que les cristaux projetés suivant les rayons vecteurs $M'r$, $M's$, respectivement parallèles aux plans principaux des Nicols O'P, O'P', s'éteindront. Si même on suppose aux petits cristaux une largeur constante en projection, la somme $M'r + M's$ pourra servir de mesure à l'obscurité moyenne de l'ellipse de projection ; supposons cette ellipse rapportée à ses axes principaux ; en coordonnées polaires nous aurons :

$$(1) \quad \frac{\rho^2 \cos^2 \omega}{a^2} + \frac{\rho^2 \sin^2 \omega}{b^2} = 1;$$

d'où, en faisant successivement $\omega_1 = \omega$, et $\omega_2 = \omega + \frac{\pi}{2}$,

$$(2) \rho_1 + \rho_2 = \frac{ab}{\sqrt{b^2 \cos^2 \omega + a^2 \sin^2 \omega}} + \frac{ab}{\sqrt{b^2 \sin^2 \omega + a^2 \cos^2 \omega}}.$$

C'est cette somme dont il s'agit de chercher le maximum et le minimum, en remarquant que dans l'espèce

$$\omega = \beta, \quad a = l, \quad b = l \cos \alpha.$$

Le maximum aura lieu pour $\beta = 0$ et $\frac{\pi}{2}$, et sera égal à

$$(3) \quad \text{max.} \ (\rho_1 + \rho_2) = a + b = l\,(1 + \cos \alpha).$$

Le minimum aura lieu pour $\beta = \frac{\pi}{4}$ et $\frac{3\pi}{4}$, et sera égal à

$$(4) \quad \text{min.} \ (\rho_1 + \rho_2) = \frac{2\sqrt{2}\, a b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{2\sqrt{2}\, l \cos \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha}}.$$

Remarquons que pour $\alpha = 0$, le maximum est égal au minimum; il y aura donc au centre du sphérolithe, du fait des petits cristaux entraînés tangentiellement, une polarisation d'agrégat.

Pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$, le minimum se réduit à 0; ce qui indique que dans les sphérolithes de très-grandes dimensions, pour les parties éloignées du centre, les petits cristaux tangentiels donneront, eux aussi, une croix noire, située dans les plans principaux des Nicols; pour les zones intermédiaires le maximum d'obscurité se produira également dans ces plans principaux, mais il différera de moins en moins du minimum, à mesure que l'on s'approchera du centre.

Si l'on considère de petits sphérolithes entièrement noyés dans une

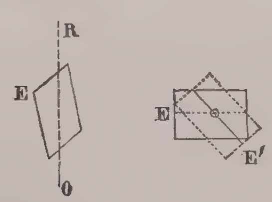
plaque mince, il faut additionner l'effet produit suivant les différents points d'une même normale à la plaque, en faisant varier α entre deux limites d'autant plus éloignées que cette normale s'approche davantage du centre du sphérolithe; l'ensemble du phénomène à attribuer aux petits cristaux tangentiels sera encore une croix noire située dans les plans principaux des Nicols, et d'autant plus effacée qu'on la considérera plus près du centre.

Nous avons cherché à démontrer, dans des notes précédentes, que le quartz s'isole dans la matière pétrosiliceuse des roches acides, de façon à y produire fréquemment des sphérolithes de cette catégorie; pratiquement, lorsqu'ils sont très-petits, la croix noire tend à disparaître et les globules semblent devenir des agrégats; les observations qui précèdent permettent d'expliquer ce phénomène de polarisation, sans recourir à d'autres hypothèses.

II. *Système monoclinique.* Les petits cristaux présenteront un plan de symétrie, contenant deux des axes d'élasticité de la substance, et le troisième sera perpendiculaire. Il est évident que, pour les petits cristaux entraînés dans les concrétions successives, le plan de symétrie devra contenir le rayon du sphérolithe passant par le petit cristal, ou lui être perpendiculaire.

1° *Le plan de symétrie contient le rayon du sphérolithe.* La position du petit cristal n'est pas entièrement déterminée par cette seule condition, et dépendra du plus ou moins de développement de ses faces; elle sera donc essentiellement variable de ce chef; mais de plus, si nous supposons connue, pour un cristal de forme déterminée, une position d'équilibre E (fig. 7), l'équilibre sera également obtenu pour

Fig. 7.



toutes les positions E' qui dériveront de la première par simple rotation autour du rayon du sphérolithe OR. Or, dans le cas le plus général, cette rotation entraînera le changement de position des axes de l'ellipse d'élasticité parallèle à la plaque mince, et il en résultera une polarisation d'agrégat.

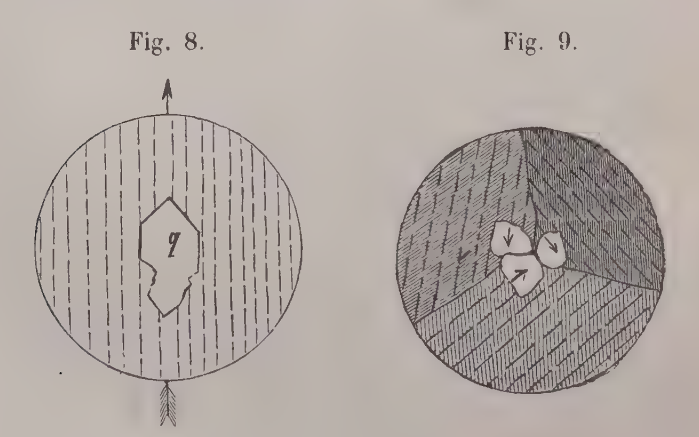
2° *Le plan de symétrie est perpendiculaire au rayon.* La même conclusion s'applique à ce second cas, à moins que le rayon considéré ne soit très-voisin d'être parallèle à la plaque mince; dans cette dernière hypothèse, le plan tangent sera également très-voisin d'être perpendiculaire à la plaque, et sa ligne d'intersection avec cette plaque, qui sera perpendiculaire au rayon, pourra être considérée comme la projection des plans de symétrie de tous les petits cristaux tangentiels; comme leur extinction est dans ce cas parallèle à cette projection, il en résultera une croix noire située dans les plans principaux des Nicols; mais cette croix ne sera apparente que dans les zones extérieures de grands sphérolithes coupés par la plaque suivant un plan à peu près diamétral.

III. *Système triclinique.* Dans le cas le plus général, l'entraînement de petits cristaux tricliniques dans les zones de concrétion concentriques ne peut produire qu'une polarisation d'agrégat.

SPHÉROLITHES ENTIÈREMENT CRISTALLISÉS. Nous comprenons dans cette catégorie ceux dans lesquels le rapprochement et le nombre des petits cristaux individualisés sont tels qu'ils puissent s'influencer les uns les autres.

1° S'ils nagent encore dans une certaine quantité de matière colloïde, ou si les forces cristallines mises en jeu sont intenses, *tous les petits cristaux tendront à s'orienter dans un même sens,* souvent déterminé par quelque débris ancien d'un minéral similaire voisin. Ce double cas est fréquent dans les porphyres qui présentent des globules pétrosiliceux à extinction, concrétionnés autour de débris de quartz ancien s'éteignant simultanément avec les sphérolithes; il comprend aussi les micro-pegmatites à étoilements.

Fig. 8. Fig. 9.



La fig. 8 représente la façon théorique dont les axes des petits cristaux doivent être orientés dans le cas le plus fréquent des globules à extinction, celui où ils s'éteignent dans toute leur étendue simultanément. Mais il arrive souvent aussi que leur extinction se produit par segments multiples, et cependant la constitution intime de chaque segment est bien conforme à l'explication proposée; car, dans plusieurs exemples que résume la figure 9, chaque segment correspond à un petit débris de quartz ancien orienté comme lui.

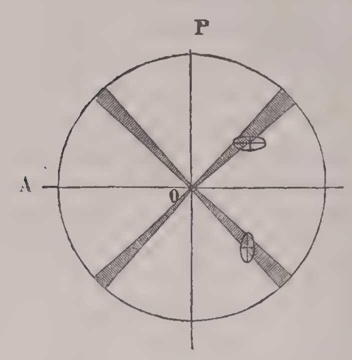
2° Le cas le plus général que présentent les sphérolithes entièrement cristallisés, est celui où la substance qui les compose se dispose en *arborisations microlithiques* à centres multiples pour un même globule, ou même dénuées de toute tendance à converger vers des points centraux. La variolite de la Durance, les pyroxènes des laitiers et des verres, nous fournissent des exemples de cette catégorie.

3° Enfin l'élément cristallin peut se disposer lui-même en *cristaux coniques juxtaposés;* tel est le cas pour la chlorite, le talc, la calcédoine, certaines zéolithes, les feldspaths, la calcite. Alors chaque aiguille radiale entièrement cristallisée doit être considérée isolément au point de vue de la relation qui existe entre sa direction dans la coupe du sphérolithe et celle de ses axes d'élasticité. Ainsi avons-nous fait dans le cas assez rare où les globules de la variolite de la Durance rentrent dans cette catégorie et sont régulièrement radiés autour d'un centre commun; et cet exemple a été doublement instructif, car nous avons pu constater que les aiguilles d'oligoclase y donnent une croix noire située dans les plans principaux des Nicols, tandis que les rangées d'actinote ne produisent qu'une polarisation d'agrégat. De même, les divers éléments dont se composent les sphérolithes de la diorite orbiculaire de Corse, et notamment l'anorthite et la hornblende, se groupent de façon à donner dans leur ensemble une polarisation d'agrégat.

Il pourra se faire dans certains cas, que, par suite de la position relative des axes d'élasticité dans chaque fibre, il se produise une croix noire dont les branches feraient un certain angle avec les plans principaux des Nicols; la figure 10 rend compte théoriquement de cette disposition, dont nous ne connaissons pas d'exemple pratique.

Un cas qui nous paraît beaucoup plus fréquent, est celui où de pareils sphérolithes présentent une croix noire dont les branches coniques sous-tendent un angle déterminé, de part et d'autre des plans principaux des Nicols; l'explication rationnelle de ce dernier agencement doit être conforme à celle que nous avons donnée de la rotation que peuvent subir autour du rayon du sphérolithe les petits cristaux entraînés radialement; seulement ici les microlithes sont très-allongés

Fig. 10.



dans un sens, et cet allongement coïncide nécessairement avec le rayon, ce qui élimine une des causes d'indétermination signalées plus haut. Prenons pour exemple un feldspath, l'albite; supposons ses microlithes allongés suivant l'arête pg_1 ; par rotation autour de cette arête, l'angle des axes d'élasticité de ses sections avec la direction pg_1 variera entre $0°$ et une limite λ (qui dans l'espèce sera voisine de 18 à $20°$) ; il est clair qu'un sphérolithe régulièrement constitué par des fibres divergentes d'albite auxquelles on impose pour unique condition d'être allongées suivant l'arête pg_1 , donnera entre les Nicols croisés quatre branches plus obscures, sous-tendant un angle 2λ et ayant pour bissectrices les traces des plans principaux des Nicols.

Dans deux notes récentes, d'un haut intérêt, MM. Rosenbusch (1) et Lössen (2) ont été amenés à traiter à un point de vue général des différentes catégories de globules que présentent certains porphyres acides; ils ont bien voulu confirmer et adopter en grande partie les idées que nous avions émises, dans nos précédentes communications, au sujet du passage des granites aux porphyres par une série de structures intermédiaires.

La note de M. Rosenbusch paraît porter surtout sur les porphyres souvent euritiques qui ont fait éruption à la fin du terrain houiller inférieur et au commencement du supérieur dans les Vosges. Nous avons signalé nous-mêmes que les porphyres de cet âge présentent un abrégé de toutes les structures, tenant encore des roches granulitiques et passant aux variétés pétrosiliceuses du Permien.

M. Lössen paraît avoir surtout étudié des granulites et des elvans

(1) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, t. XXVIII, p. 369; 1876.
(2) *Zeitsch. d. D. geol. Gesells.*, t. XXVIII, p. 405; 1876.

dans le Harz, près Hasserode, et il y a trouvé des micro-pegmatites à étoilements.

Nous terminerons cette étude en exposant les idées de MM. Rosenbusch et Lössen sur la classification des sphérolithes en général, et de ceux des porphyres qu'ils viennent d'étudier, en particulier.

M. Rosenbusch propose (1) de les distinguer en sphérolithes proprement dits *(echt)* et en pseudo-sphérolithes ou sphérolithes hétérogènes. Dans les *sphérolithes proprement dits,* il y a une croix noire à quatre branches, toujours située dans les plans principaux des Nicols; chaque fibre polarise comme sa voisine, et ses axes d'élasticité sont parallèles et perpendiculaires à sa longueur. Dans les *pseudo-sphérolithes,* le nombre des bras de la croix est variable, et ils ne sont pas nécessairement situés dans les plans principaux des Nicols; en effet leurs fibres ne sont pas toutes identiques les unes avec les autres, et les axes d'élasticité ne sont pas nécessairement parallèles et perpendiculaires à la longueur.

Les sphérolithes proprement dits sont en général nettement limités et séparés de la pâte par une surface sphérique régulière; ils présentent dans leur intérieur des indices nets de concrétions concentriques. Les pseudo-sphérolithes ne sont pas nettement limités à l'extérieur et ne montrent jamais intérieurement de zones concentriques.

M. Rosenbusch a en outre observé des *agrégats globulaires* de quartz et de feldspath granulitiques; il les considère comme propres surtout aux filons minces de porphyre ou à la périphérie des grandes masses porphyriques; il en rapporte la genèse à *une force de contact endomorphique (eine endomorphe Contactwirkung)* et les considère jusqu'à un certain point comme analogues, d'après les observations de M. Gümbel, aux globules des variolites des diabases.

Il nous paraît facile, d'après la netteté des descriptions de M. Rosenbusch, d'assimiler sa nomenclature à la nôtre : ses sphérolithes proprement dits rentrent dans notre deuxième classe de sphérolithes, en partie colloïdes, en partie cristallisés ; ses pseudo-sphérolithes sont une partie de nos sphérolithes entièrement cristallisés ; enfin ses agrégats globulaires de quartz et de feldspath granulitiques sont nos micropegmatites à étoilements.

Seulement M. Rosenbusch nous paraît établir une distinction beaucoup trop tranchée entre ces divers genres de sphérolithes, qui, en particulier pour les roches acides, présentent une série continue (2), dont un

(1) *Op. cit.*, p. 387.

(2) *Note sur divers états globulaires de la Silice, Bull. Soc. géol.*, 3e sér., t. V, p. 140; 1876.

terme éclaire l'histoire de l'autre; ainsi nos globules à extinction pourraient rentrer à la rigueur dans les pseudo-sphérolithes de M. Rosenbusch. Encore convient-il de faire ressortir la loi qui lie la situation des axes d'élasticité de chacune de leurs fibres avec la position même de cette fibre, de telle sorte qu'en somme les axes d'élasticité restent parallèles à eux-mêmes dans tout le globule. A plus forte raison convient-il de tenir compte de l'extinction simultanée des débris de quartz ancien qui leur servent de centre; là est pour nous le nœud de l'histoire des sphérolithes dans les roches acides. Nous ajouterons que les globules à extinction sont souvent très-régulièrement limités et concrétionnés, et qu'ils présentent parfois des zones concentriques. En résumé, c'est la silice sous ses différentes formes, colloïde, cristallitique ou cristallisée, qui explique toute l'histoire des sphérolithes dans les roches acides; les propriétés optiques du feldspath y paraissent reléguées au second plan.

M. Lössen (1), frappé des beaux exemples de micro-pegmatites à étoilement qu'il a eus sous les yeux, s'est rangé à notre opinion et pense également que l'action optique du quartz prédomine dans les sphérolithes des roches acides.

M. **Delesse** fait observer qu'il avait fait ses recherches sur des échantillons provenant du Mont Genèvre. Il persiste à penser que la variolite contient de l'Épidote, si ce n'est dans sa composition, au moins à l'état de veinules.

M. **Fouqué** appuye les conclusions de M. Michel-Lévy.

M. **de Chancourtois** rappelle que M. Élie de Beaumont signalait au Mont Genèvre la serpentine avec l'euphotide et la variolite.

M. **Hébert** dit que la Société géologique a constaté l'exactitude de ce fait lors de sa réunion à Saint-Jean-de-Maurienne en 1861.

M. Ch. Barrois fait la communication suivante :

Note préliminaire sur les terrains **paléozoïques** *de l'***Ouest** *de la* **Bretagne,**

par M. Charles **Barrois.**

La note que je présente à la Société géologique a pour but de faire connaître quelques points nouveaux de la géologie de la Bretagne.

(1) *Op. cit.*, p. 412.

Les terrains paléozoïques du Finistère doivent se rapporter aux groupes silurien et dévonien ; les petits bassins houillers de Quimper, Kergogne, Cléden, Huelgoät, sont tout à fait indépendants de la grande masse des terrains sédimentaires de cette contrée.

Dufrénoy avait indiqué, en Bretagne, une discordance de stratification entre les couches que j'appellerai ici siluriennes, et il s'était basé sur cette discordance pour ranger les unes dans le Cambrien et les autres dans le Silurien. MM. de Fourcy et Frapolli adoptèrent cette manière de voir : ils avaient cru reconnaître dans le Nord du Finistère la discordance signalée par l'illustre auteur de la *Carte géologique de la France*. Mes études m'ont appris que cette discordance de stratification entre les *schistes cambriens* et les *grès siluriens* n'était qu'apparente : elle est due à une immense faille, en relation avec le Goulet de Brest et l'Elorn, et qui a fait buter les grès de la partie supérieure du Silurien *(Quartzites de Plougastel)* contre les schistes cambriens *(Phyllades de Douarnenez)*.

Il n'y a donc pas de motif stratigraphique pour conserver le terme *cambrien* dans le Finistère. La faune de ces terrains en Bretagne étant encore presque entièrement inconnne, il n'y a pas non plus de raison paléontologique pour y distinguer les deux grands groupes *cambrien* et *silurien*. On n'a pas encore de données scientifiques suffisantes pour mettre la limite au-dessous des grès armoricains, avec MM. de Tromelin et Lebesconte (1), plutôt qu'au-dessus, avec M. H. Hicks (2). Je conserve donc provisoirement au mot *silurien* en Bretagne son acception la plus large.

Je vais décrire en quelques mots la série des couches sédimentaires paléozoïques de l'Ouest de la Bretagne. On trouvera de plus amples détails, ainsi que les listes de fossiles, dans le tome IV des *Annales de la Société géologique du Nord*. La plupart des divisions suivantes correspondent à celles qui ont déjà été indiquées par MM. Dalimier, Delage, Guillier, Lebesconte et de Tromelin, dans les bassins de Rennes et du Cotentin; si je leur ai imposé des noms nouveaux, ce n'est que pour me conformer à l'usage adopté par le Service de la *Carte géologique détaillée de la France*, qui choisit des types à dénomination spéciale dans les différentes régions. J'ai de plus reconnu dans le Finistère des divisions non encore signalées en Bretagne.

(1) De Tromelin et Lebesconte, *Essai d'un Catalogue raisonné des Fossiles siluriens des dép. de Maine-et-Loire, de la Loire-Inférieure et du Morbihan*, etc., *Ass. franç. p. l'avanc. Sciences, congrès de Nantes* (1875), p. 601.

(2) H. Hicks, *Some Considerations on the Probable Conditions under which the Palæozoic Rocks were deposited over the Northern Hemisphere, Geological Magazine*, 2[e] sér., 2[e] déc., t. III, p. 156 (tableau) ; 1876.

Je commence par les couches les plus anciennes.

Gneiss de Brest. Sur le granite repose le gneiss bien connu sous le nom de *gneiss de Brest*. On peut également l'étudier au sud du bassin, à partir de Douarnenez.

Micaschistes. Ils reposent sur le gneiss de Brest.

Phyllades vertes de Douarnenez. Schistes noir-verdâtre, talqueux, satinés, avec bancs de quartzite et nombreux filons de quartz gras. Ils présentent leur plus beau développement dans la baie de Douarnenez, dont ils forment les falaises depuis Telgruc jusque près de Douarnenez. Ils affleurent encore au sud des Montagnes-Noires, dans une grande partie des montagnes d'Arrez, où ils sont souvent exploités pour ardoises grossières; très-développés dans le pays de Morlaix, ils y sont parfois mâclifères. Ce sont les schistes cambriens de la *Carte géologique de la France* de Dufrénoy.

Poudingue et schistes rouge lie-de-vin du cap la Chèvre. Ces schistes affleurent au sud des montagnes du Ménez-Hom, ainsi que dans les Montagnes-Noires; il y en a de beaux exemples sous la chapelle de Saint-Gildas, sur la route de Châteaulin à Cast, près de la ferme de Douarnevez, etc. Il est aisé de reconnaître que ces *schistes rouge lie-de-vin* sont en stratification concordante avec les *phyllades vertes de Douarnenez* sous-jacentes.

Les *schistes rouges* ont une épaisseur de 100 à 120 mètres; ils alternent souvent avec des bancs de schistes verts; il n'est pas rare d'y trouver également des poudingues, comme dans les bassins de Rennes et du Cotentin.

Grès blanc des Montagnes-Noires à *Scolithus linearis*. C'est le faciès le plus caractéristique du Silurien de Bretagne. Dufrénoy l'a, le premier, appelé *grès des Montagnes-Noires;* c'est le *grès armoricain* de M. Rouault. Sa véritable place a été fixée par Dalimier.

Il présente trois divisions lithologiques distinctes dans les bassins occidentaux de la Bretagne ; ce sont, de bas en haut :

1° *Grès blanc du Grand-Gouin,*
2° *Schistes de l'anse de Portnaye,*
3° *Grès blanc du Toulinguet.*

Schistes de Morgat à *Calymene Tristani*. C'est l'étage le plus riche en fossiles du terrain silurien de la Bretagne; une recherche attentive permet presque toujours de reconnaître ses fossiles caractéristiques dans les affleurements de quelque étendue, dans le Finistère. C'est le niveau de Mortain et d'Angers; sa faune commence à être connue dans la Bretagne méridionale et l'Anjou, grâce aux recherches de MM. Guillier, de Tromelin et Lebesconte.

L'épaisseur de cet étage dans le Finistère est assez considérable ; les plus beaux gisements sont ceux de Morgat, Dinant, Pen-ar-Poul, Camaret, Dinéault.

Schistes et quartzites de Plougastel. Cet étage, que l'on peut très-bien étudier dans les falaises, est formé de bancs alternants et généralement assez épais de schistes et de quartzites. Les schistes diffèrent peu de ceux de Morgat : ils sont plus grossiers, d'un noir moins intense et passant au gris-verdâtre ; les quartzites sont très-durs et généralement de couleur vert sombre ou bleuâtre. J'évalue l'épaisseur de cet étage à 125 mètres.

Les *schistes et quartzites de Plougastel* forment la plus grande partie de la presqu'île de Crozon ; on les suit au nord des Montagnes-Noires, à l'ouest des montagnes d'Arrez et au sud du bassin de Morlaix. La faune de cet étage est malheureusement très-pauvre ; la liste des espèces que j'y ai trouvées est tout à fait insuffisante pour fixer son âge ; les fossiles y sont rares, généralement mal conservés, difficiles à dégager dans les quartzites ; aussi cet étage réclame-t-il encore de nouvelles études.

On a longtemps confondu dans le bassin occidental les *schistes et quartzites de Plougastel* avec les *grès siluriens à Scolithes;* le résultat de mes études est de distinguer nettement les *quartzites de Plougastel* et de montrer entre quelles couches ils sont compris. Les travaux ultérieurs fixeront définitivement leur âge.

Les *schistes et quartzites de Plougastel* sont toujours limités à leur partie supérieure, dans l'Ouest de la Bretagne, par une couche de minerai de fer que j'ai pu étudier dans une grande partie du Finistère. Elle appartient à l'assise dévonienne des *grès blancs de Landevennec* à *Grammysia Hamiltonensis,* dont elle forme la base.

Je n'ai pas observé dans cette région de représentant de la *faune troisième* silurienne ; il en est généralement ainsi du reste dans les régions où le terrain dévonien inférieur est bien représenté. On peut, avec MM. de Tromelin et Lebesconte, rapporter à la zone à *Graptolithus colonus* l'*anthracite de Dinant,* qui était l'objet d'une demande en concession en 1799 ; il reste à appuyer par la découverte de quelques fossiles l'analogie lithologique de ces niveaux.

TERRAIN DÉVONIEN.

Le terrain dévonien joue dans l'orographie générale de l'Ouest de la Bretagne un rôle beaucoup moins important que le terrain silurien. Sa partie inférieure (terrain rhénan) a cependant un très-beau développement dans cette région ; elle présente des relations, méconnues

jusqu'ici, avec la série dévonienne du Grand-Duché de Nassau (bassin de la Lahn).

Grès blanc de Landevennec à *Grammysia Hamiltonensis.* Ces grès, qui reposent sur les *schistes et quartzites de Plougastel,* appartiennent certainement par leur faune au terrain dévonien. Ce sont des grès blancs, quartzeux, se décomposant assez facilement. Ils contiennent la faune de Gahard (Ille-et-Vilaine) ; l'abondance des Lamellibranches donne à leur faune un caractère tout particulier. Je les compare aux grès qui forment le Taunus.

Grauwacke du Faou à *Chonetes sarcinulata.* Cette division du terrain dévonien, dans laquelle les Brachiopodes prédominent, a une plus grande épaisseur que l'assise sous-jacente des *grès blancs de Landevennec.* Ses caractères lithologiques sont beaucoup plus variables que ceux des *grès blancs :* elle est formée par des alternances de couches de grès argileux plus ou moins micacés, de schistes argileux grossiers, de schistes ardoisiers ; elle contient même un niveau calcaire.

Je réunis dans cette assise la plupart des niveaux précédemment distingués dans le terrain dévonien de l'Ouest de la France par MM. Dalimier, Frapolli, Delage ; ces niveaux ne sont, à mes yeux, que des subdivisions de la *grauwacke du Faou.*

Ces subdivisions sont, de bas en haut :

1° Schistes et grauwackes à *Leptæna Murchisoni,*

2° Schistes et calcaire à *Spirigera undata* (niveau de Néhou),

3° Schistes et ardoises.

Cet ensemble me semble correspondre exactement à l'étage hundsrückien de Dumont.

Schistes de Porsguen à Céphalopodes. L'assise de la *grauwacke du Faou* est recouverte, dans la rade de Brest, par des couches presque exclusivement schisteuses; je n'ai encore reconnu que deux subdivisions dans ces couches ; savoir, de bas en haut :

1° Schistes de Porsguen à Céphalopodes,

2° Schistes du Fret à *Pleurodyctium problematicum.*

Ce sont les parties les plus élevées de la série dévonienne que j'ai rencontrées dans l'Ouest de la Bretagne.

Les *schistes de Porsguen* présentent un intérêt tout spécial : leur faune contient des espèces qui ont une extension verticale tout à fait inusitée : on y trouve à la fois des formes de la faune troisième silurienne (*Goniatites subnautilinus* = *G. plebejus,* Barr., *Leptæna Phillipsi,* Barr.), de nombreuses formes du Dévonien inférieur et des formes du Dévonien supérieur (*Posidonia venusta,* Münst., *Cardiola retrostriata,* Buch).

Dans l'Ardenne on n'a pas encore reconnu de couche comparable ; mais les *schistes de Wissenbach* dans le Nassau, et ceux de *Lerbach* dans le Harz, contiennent de nombreux fossiles propres aux *schistes de Porsguen,* et doivent par conséquent leur être assimilés. L'âge des *schistes de Wissenbach* a été vivement débattu en Allemagne : ils appartiennent au Silurien (F, G) d'après le Dr Koch, à la base du Dévonien inférieur d'après Ferdinand Rœmer, à la partie supérieure du Dévonien inférieur pour les frères Sandberger, Von Dechen et F. Maurer, à la base du Dévonien moyen pour F. A. Rœmer, et à la base du Dévonien supérieur pour von Seebach. Les coupes de Bretagne fixent la place des *schistes de Porsguen* et de *Wissenbach* à la partie supérieure du Dévonien inférieur (1).

Séance du 5 février 1877.

PRÉSIDENCE DE M. TOURNOUËR.

M. Brocchi, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM. AUGÉ, Exploitant de mines, rue Levat, 3, à Montpellier (Hérault), présenté par MM. de Rouville et Collot ;

BRÖLEMANN (Henri), rue Matignon, 22, à Paris, présenté par MM. Tournouër et Vélain ;

(1) Je dois m'excuser de n'avoir pu mettre à profit, dans la rédaction de cette note, les importantes *Observations* de MM. de Tromelin et Lebesconte *sur les terrains primaires du Nord du département d'Ille-et-Vilaine et de quelques autres parties du massif breton.* Leur mémoire, bien que présenté à la Société géologique de France dans sa séance du 20 avril 1876, n'a été imprimé qu'avec le procès-verbal de la séance du 26 juin et n'a paru qu'au commencement de *juin* 1877, c'est-à-dire trois mois après la publication de mon propre travail ; en effet, celui-ci, que résume la présente note, avait été lu à la Société géologique du Nord dans ses séances du 20 décembre 1876 et du 17 janvier 1877, et il avait paru dès *mars* 1877. Il ne semble pas, du reste, avoir échappé à MM. de Tromelin et Lebesconte, car la note 3 de la page 615 du *Bulletin* contient à la fois une réclamation de priorité au sujet du nom local des *phyllades de Landerneau,* appelées par moi *schistes et quartzites de Plougastel,* et une critique de la position stratigraphique que j'ai assignée aux grès des environs de Plougastel. Je me réserve de répondre ultérieurement sur ces points.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

Delafond (Benoît), Percepteur, à Fleurie (Rhône), présenté par MM. Lory et Didelot;

Margerie (Emmanuel de), rue de Grenelle-Saint-Germain, 132, à Paris, présenté par MM. de Lapparent et de Raincourt.

M. **Jannettaz** demande la parole pour rectifier une erreur qui s'est glissée dans l'impression de la notice nécrologique de Sir Charles Lyell par M. Davidson (1).

Cette notice contient la phrase suivante (p. 409) :

« Ce fut à son retour à Paris, en 1829, qu'il (Lyell) fit la connais- » sance de M. Desnoyers, qui s'occupait alors du classement des mol- » lusques tertiaires du bassin de Paris. »

C'était moins du classement des mollusques que de celui des terrains, que s'occupait en ce moment M. Desnoyers, puisque c'était l'époque où paraissaient dans les *Annales des Sciences naturelles* (2) ses *Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine et constituant une formation géologique distincte; précédées d'un Aperçu de la non-simultanéité des terrains tertiaires*.

Ce point important du classement des terrains supérieurs à ceux du bassin de la Seine, qui étaient alors les seuls reconnus comme tertiaires, a été admis par Lyell lui-même dans la première édition des *Principes de Géologie*, et rappelé tout récemment encore par M. Evans, Président de la Société géologique de Londres, dans son discours à la séance générale annuelle du 18 février 1876.

M. Evans s'exprime ainsi à ce sujet (3) : « Lyell retourna à Paris » en février 1829. Il y trouva M. Desnoyers, qui publiait précisément » son mémoire sur les formations tertiaires plus récentes que le bassin » de Paris, et lui communiqua ses idées sur la distribution chronolo- » gique des formations tertiaires, M. Desnoyers étant également con- » vaincu de la succession des formations tertiaires à différents âges. »

En résumé, M. Desnoyers était arrivé, de son côté, à la constatation, hardie pour cette époque, du fait qui a été depuis savamment dogmatisé par Sir Charles Lyell.

M. Ferrand de Missol donne lecture du rapport suivant :

(1) *Bull.*, 3e sér., t. IV, p. 407.
(2) T. XVI, p. 171 et 402; 1829.
(3) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. XXXII, *Proceed.*, p. 58.

Rapport *de la Commission de Comptabilité sur les* **Comptes** *du Trésorier pour l'année* **1875-1876,**
par M. le marquis **de Roys,** *rapporteur.*

J'ai l'honneur de présenter à la Société, au nom de la Commission de Comptabilité, le résultat de son examen de la gestion du Trésorier pendant l'année 1875-1876.

I. Recettes.

Le produit des *cotisations et réceptions,* pris dans son ensemble, a donné, non compris les cotisations à vie, un total de 11 355 fr. 65. Les prévisions du budget étaient de 11 600 fr. Il y a donc sur ce chapitre un déficit de 244 fr. 35. Les *cotisations arriérées,* prévues pour 750 fr., n'ont fourni que 591 fr. L'arriéré, singulièrement réduit, grâce au zèle de nos Trésoriers, donnera désormais de moins en moins; mais il ne constitue pas une perte matérielle pour la Société, par suite de l'exactitude avec laquelle, conformément au Règlement, on cesse de servir le *Bulletin* aux membres qui n'ont pas payé l'année courante.

Il y a eu trois *cotisations à vie,* exactement le nombre prévu.

Les *recettes extraordinaires* ne se sont élevées qu'à 3 fr. 40. L'*allocation du Ministère* de l'Instruction publique a été touchée, ainsi que sa *souscription aux Mémoires.*

Mais, grâce à la libéralité de Mme Viquesnel, veuve de notre ancien et regretté collègue, nos recettes se sont accrues d'une somme de 7 000 fr., destinée à fonder un *prix* de trois cents francs à délivrer chaque année suivant les intentions de la donatrice acceptées avec une si vive reconnaissance par la Société. Au lieu de verser la somme strictement nécessaire, Mme Viquesnel a donné sept mille francs, afin que le prix pût être décerné dès cette année et qu'on pût acquitter toutes les dépenses accessoires, ce qui a effectivement eu lieu. Le placement a eu lieu en décembre 1875, avec celui d'une cotisation à vie.

Les *loyer*, chauffage et éclairage *des Sociétés* qui se sont servi de notre local, a produit 1 800 fr., au lieu des 2 625 fr. prévus. Le surplus a été acquitté depuis, mais ne peut entrer dans ce compte; il y a donc encore sur cet article un déficit de 825 fr.

II. Dépenses.

Cette année encore nous avons pu économiser les frais d'un agent,

et nous devons des remerciements chaleureux à MM. Danglure et Bioche, dont le zèle nous a permis d'appliquer à nos publications cette notable économie. Nous avons eu seulement à acquitter pour le *personnel* le traitement du garçon de bureau de 1 000 fr. et 200 fr. de gratification.

Le *loyer* et les contributions se sont élevés à 4 723 fr. 60, augmentation de 223 fr. 60, due à l'augmentation des contributions ; mais les *chauffage et éclairage* prévus pour 700 fr. n'ont coûté que 477 fr. 70. Nous avons eu une augmentation de 262 fr. 07 sur le *mobilier*, causée par l'appropriation du nouveau local destiné aux bibliothèques des Sociétés nos sous-locataires, mais une réduction de 534 fr. 95 sur la somme prévue pour la *Bibliothèque.*

L'*impression du Bulletin*, prévue pour 8 000 fr., a coûté 8 594 fr. 02. Cette augmentation a été causée surtout par les planches devenues très-nombreuses et très-chères. Nous ne saurions trop recommander à la Commission du *Bulletin* d'y veiller de près. Le *port,* évalué 2 000 fr., n'a excédé cette somme que de 7 fr. 44. Il n'a été payé que 491 fr. sur les *Mémoires,* mais lorsque le graveur aura fourni les planches commandées, nous aurons une somme considérable à payer.

Les *frais de bureau* et frais de change, prévus pour 1 000 fr., ne les ont dépassés que de 3 fr. 15. Les *ports de lettres,* au lieu de 350 fr., ont coûté 403 fr. 47.

Sur les 7000 fr. remis par Mme Viquesnel, une somme de 6 277 fr. 15 a été dépensée pour acheter les 300 fr. de rente devant servir le prix. 300 fr. ont acquitté le prix pour 1876 et 10 fr. 27 la médaille en bronze qui y est jointe. Les trois cotisations à vie ont été augmentées d'une somme de 61 fr. 70. On a ainsi acheté soixante francs de rente 5 % qui s'ajoutent aux capitaux de la Société.

La Société a voté une somme de 300 fr. pour la *statue d'Élie de Beaumont ;* cette souscription a été acquittée au mois d'avril, et, jointe à divers petits articles, elle forme un total de 362 fr. 50 de *dépenses imprévues* au budget.

Résumé.

Les recettes s'élèvent en totalité à la somme de. . . .	28 375 fr. 24
Les dépenses à la somme de	28 339 12
Différence. . .	36 fr. 12
A quoi il faut joindre l'encaisse restant de l'exercice précédent	69 02
Reste définitif.	105 fr. 14

Compte des recettes et des dépenses effectuées pendant l'année 1875-76.

RECETTES.

DÉSIGNATION des CHAPITRES.	Nos des articles.	NATURE des RECETTES.	RECETTES prévues.	RECETTES effectuées.	AUGMENTATION.	DIMINUTION.
§ 1. Produits des réceptions et cotisations...	1	Droits d'entrée et de diplôme.	500 »	580 »	80 »	» »
	2	Cotisations courantes	9,900 »	9,634 65	» »	265 35
	3	— arriérées	750 »	591 »	» »	159 »
	4	— anticipées.	450 »	550 »	100 »	» »
	5	— à vie..........	1,200 »	1,200 »	» »	» »
§ 2. Produits des publications. .	6	Vente du *Bulletin* et de la *Table*..........	1,500 »	1,159 25	» »	340 75
	7	— des *Mémoires*.......	1,100 »	423 70	» »	676 30
	8	— de l'*Histoire des Progrès de la Géologie*......	80 »	20 »	» »	60 »
	9	Recettes extraordinaires....	» »	3 40	3 40	» »
	10	Allocation ministérielle.....	1,000 »	1,000 »	» »	» »
	11	Souscription ministérielle aux *Mémoires*..............	600 »	600 »	» »	» »
§ 3. Recettes diverses	12	Revenus	3,850 »	3,792 »	» »	58 »
	13	Loyer, chauffage et éclairage des Sociétés météorologique, mathématique, etc...	2,625 »	1,800 »	» »	825 »
	14	Don de Mme Viquesnel	7,000 »	7,000 »	» »	» »
	15	Recettes diverses	50 »	21 24	» »	28 76
		Totaux......	30,605 »	28,375 24	183 40	2,413 16

DÉPENSES.

DÉSIGNATION des CHAPITRES.	Nos des articles.	NATURE des DÉPENSES.	DÉPENSES prévues.	DÉPENSES effectuées.	AUGMENTATION.	DIMINUTION.
§ 1. Personnel...	1	Agent.....................	» »	» »	» »	» »
	2	Garçon { Gages...........	1,000 »	1,000 »	» »	» »
	3	Garçon { Gratification......	200 »	200 »	» »	» »
§ 2. Frais de logement.......	4	Loyer, contributions, assur.	4,500 »	4,723 60	223 60	» »
	5	Chauffage et éclairage.....	700 »	477 70	» »	222 30
§ 3. Matériel....	6	Mobilier	500 »	762 07	262 07	» »
	7	Bibliothèque	1,000 »	465 05	» »	534 95
§ 4. Publications	8	*Bulletin* : impression, planch.	8,000 »	8,594 02	594 02	» »
	9	— port.............	2,000 »	2,007 44	7 44	» »
	10	*Mémoires*	3,000 »	491 »	» »	2,509 »
§ 5. Dépenses diverses........	11	Frais de bureau, de circ., etc.	1,000 »	1,003 15	3 15	» »
	12	Ports de lettres...........	350 »	403 47	53 47	» »
	13	Placemt de cotisations à vie.	1,200 »	1,261 70	61 70	» »
	14	Placement d'une partie du don de Mme Viquesnel...	6,500 »	6,277 15	» »	222 85
	15	Prix Viquesnel	300 »	310 27	10 27	» »
	16	Souscription à l'érection d'une statue à M. Élie de Beaumont..............	300 »	300 »	» »	» »
	17	Dépenses diverses..........	» »	62 50	62 50	» »
		Totaux......	30,550 »	28,339 12	1,278 22	3,489 10

MOUVEMENT DES COTISATIONS UNE FOIS PAYÉES ET DES PLACEMENTS DE CAPITAUX, EXERCICE 1875-76.

	NOMBRE DE COTISATIONS.	VALEURS. fr.	c.
Recette antérieurement au 1er novembre 1875	211	63.808	55
Recette pendant l'année 1875-76.	3	1,200	»
Totaux.	214	65,008	55
Legs Roberton		12,000	»
Donation Dollfus-Ausset.		10.000	»
Legs de Verneuil.		4,663	80
Don de M. Levallois		300	»
Don de Mme Viquesnel.		7,000	»
Total des capitaux encaissés		98,972	35

PLACEMENT.

fr.	c.		fr.	c.		
1.870	»	Rentes 3 % et frais de mutation 4 1/2 en 3 % .	47.669	25	89.072	09
1,020	»	Intérêts de 68 obligations de chemins de fer .	20,434	99		
705	»	Rentes 5 % achetées avant le 1er novembre 1875.	13,429	»		
360	»	Rentes 5 % achetées pendant l'année 1875-76.	7,538	85		
3.955	»	— Excédant de la recette sur la dépense.			9.900	26

MOUVEMENT DES ENTRÉES ET DES SORTIES DES MEMBRES AU 31 OCTOBRE 1876.

Au 31 octobre 1875, le nombre des membres inscrits sur les listes officielles s'élevait à 511, dont :

361 membres payant la cotisation annuelle . . . . 143 — à vie . . . . 4 — perpétuels	ci. . . . 511
Les réceptions du 1er novembre 1875 au 31 octobre 1876 ont été de . . .	29
Total.	540
A déduire pour décès, démissions et radiations	16
Le nombre des membres inscrits sur les registres au 31 octobre 1876 s'élève à.	524

Savoir :
- 380 membres payant la cotisation annuelle,
- 139 — à vie,
- 5 — perpétuels.

La Commission demande à la Société d'approuver le compte des recettes et dépenses de l'exercice 1875-1876, durant lequel les fonctions de trésorier ont été remplies par M. Danglure. Elle propose, ne pouvant apurer complétement sa gestion, qui s'est prolongée de deux mois dans l'exercice 1876-1877, de lui voter de vifs remerciements pour le zèle et l'exactitude qu'il a apportés dans cette gestion si délicate.

FERRAND DE MISSOL. A. MOREAU. M[is] DE ROYS, *rapporteur.*

Les conclusions de ce rapport sont adoptées à l'unanimité.

M. Vasseur fait la communication suivante :

Sur un nouveau faciès des **Marnes** *à* **Limnæa strigosa** *observé à* **Essonnes** *près Corbeil,*

par MM. G. **Vasseur** et L. **Carez.**

Les marnes à *Limnœa strigosa* que l'on observe dans le bassin de Paris vers la partie supérieure de la formation gypseuse, ont été mises récemment à découvert par les travaux d'exploitation de l'argilière d'Essonnes. Elles nous ont offert en ce point un faciès très-différent de celui qu'elles présentent d'ordinaire, et elles renferment des fossiles dans un état de conservation qui permet de les déterminer d'une manière précise.

Le gypse de Paris est, comme on le sait, recouvert par un système de marnes assez compliqué, mais où l'on peut reconnaître toutefois trois divisions constantes :

1° Les *marnes bleues,* immédiatement supérieures à la *haute masse* du gypse, sont très-pyriteuses et se délitent aisément. Les fossiles en sont généralement mal conservés, mais paraissent indiquer une faune lacustre ou saumâtre.

2° Les *marnes blanches* à *Limnœa strigosa,* dont nous examinerons plus loin les caractères et les fossiles, sont exclusivement lacustres. On les exploite pour la fabrication de la chaux et du ciment.

3° Enfin, les *marnes vertes* nous montrent le dernier terme de la série gypseuse. Comme l'ont indiqué Cuvier et Brongniart, elles constituent l'horizon le plus apparent, le mieux caractérisé de cette formation. Les couches inférieures sont feuilletées et fossilifères. La *Cyrena convexa* y est particulièrement abondante, et elle est accompagnée d'autres mollusques saumâtres, tels que *Psammobia plana, Cerithium plicatum,* etc., ainsi que de débris de Poissons.

Les marnes à *Limnœa strigosa,* les seules dont nous devions nous

occuper ici, sont généralement calcaires, blanches, à cassures perpendiculaires tapissées de dendrites. Elles sont pourtant un peu argileuses dans certains lits, à la base par exemple, et ont dans ce cas une couleur verdâtre.

A Herblay, Cormeilles-en-Parisis et Argenteuil, elles comprennent deux bancs de gypse, l'un situé dans le milieu de leur masse, l'autre à la partie supérieure et séparant ces marnes des couches *feuilletées* susjacentes, à *Cyrena convexa.*

Le dernier de ces bancs, désigné par les plâtriers sous le nom de *marabet,* a environ 0m80 dans ces localités ; mais partout ailleurs il est fort réduit et passe fréquemment à une marne friable, d'un blanc sale, et que les carriers appellent les *crasses.*

Enfin les marnes blanches, peu fossilifères dans la butte Montmartre, ne le sont nullement dans les hauteurs d'Herblay et d'Argenteuil ; mais à Romainville, Pantin et Fresnes-les-Rungis, elles contiennent des restes de Vertébrés et de nombreuses coquilles d'eau douce dont le test n'est malheureusement jamais conservé.

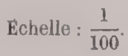
Tel est le faciès sous lequel on rencontre presque toujours les dépôts dont il s'agit. Cependant, en 1860, dans une notice sur l'équivalence de la formation gypseuse et du calcaire siliceux de Champigny, M. Hébert signala à la Société géologique (1) la présence, dans cette localité, de couches calcaro-siliceuses et fossilifères, correspondant, sans aucun doute, aux marnes à *Limnæa strigosa.* D'un autre côté, M. Goubert avait observé (2) dans les tranchées du chemin de fer de Corbeil à Montargis une couche inférieure à l'argile verte et au sujet de laquelle il s'exprime ainsi (p. 733) :

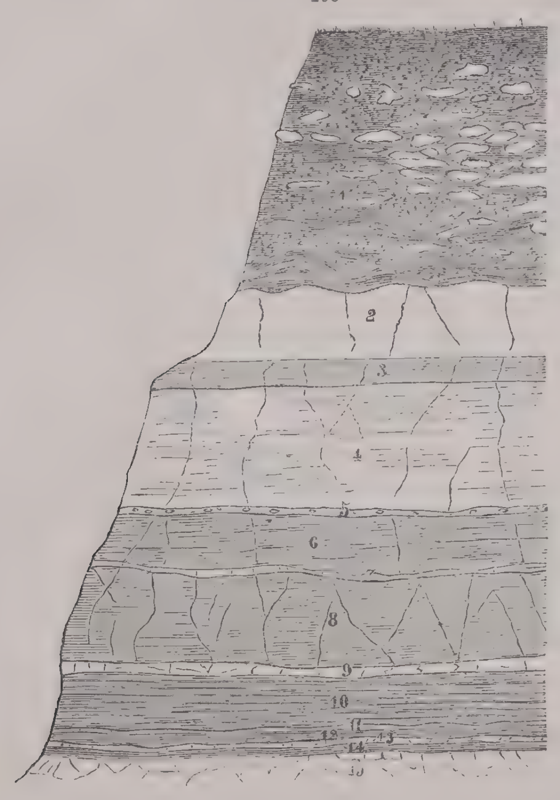
« A la future station de Ballancourt, qui desservira la poudrerie du » Bouchet et les importantes exploitations de tourbe des deux bords » de l'Essonne, voici une coupe assez longue dans les marnes vertes, » qui sont ici remarquablement ondulées et sinueuses. Dessous ces » glaises, 0m15 de marne très-brune, pétrie de fragments, brisés et » luisants, de test d'une grande *Limnæa* et d'un *Planorbis ;* toujours » absence de *Cyrena semistriata* à ce niveau, dans cette région. »

M. Goubert n'ayant pas observé en ce point les lits à Cyrènes, n'a pu rapporter la marne brune dont il parle aux couches à *Limnæa strigosa.* Mais nous avons retrouvé cette marne dans l'argilière d'Essonnes, où sa position peut être établie cette fois d'une manière certaine. Elle y est accompagnée d'un calcaire siliceux fossilifère, analogue à celui observé à Champigny par M. Hébert. La coupe suivante (fig. 1) justifiera d'ailleurs ces assimilations :

(1) *Bull. Soc. géol.,* 2e sér., t. XVII, p. 800.
(2) *Bull.,* 2e sér., t. XX, p. 729.

Fig. 1. *Coupe de l'argilière de M. Lebrun, à Essonnes près Corbeil.*





1.	Terre végétale et limon argileux jaune, avec sable ferrugineux en poches et blocs épars de calcaire siliceux de Brie	$3^{m}50$
2.	Marne argilo-sableuse blanche	1.
3.	Marne argileuse vert foncé, passant à la suivante	0.36
4.	Marne argileuse verte	1.70
5.	Lit de marne magnésienne blanchâtre	0.07
6.	Marne argileuse verte, avec filets sableux blancs	0.75
7.	Calcaire magnésien blanchâtre	0.07
8.	Marne argileuse verte	1 20
9.	Calcaire marneux blanchâtre	0.15
10.	Marne feuilletée verdâtre, à *Cyrena convexa* et ossements de Poissons *(feuillet* des carriers)	0.70
11.	Calcaire magnésien	0.05
12.	Marne argileuse brune	0.10

13. Calcaire blanc, très-siliceux par places et renfermant en abondance des Bithinies et des Planorbes silicifiés. 0.11
14. Marne sableuse brune, pétrie de débris de coquilles lacustres. On voit dans cette couche de nombreux fragments, généralement solides, mais roulés, de test noir d'une grande Limnée et d'un grand Planorbe, etc. Les coquilles entières ont au contraire le test blanc et friable; elles sont souvent écrasées. 0.10
15. Calcaire blanchâtre, dur, renfermant à l'état de moules les mêmes fossiles que les couches 13 et 14; visible sur. 0.20

On voit que la marne argileuse verte a 5 mètres d'épaisseur sur le plateau d'Essonnes. On observe à sa partie supérieure une marne blanche qui paraît être très-constante dans le bassin de Paris. Celle-ci serait à son tour recouverte par des alternances de marnes vertes et blanches, qui n'existent plus dans l'argilière, mais que l'on retrouve tout auprès, aux carrières de *Petit-Bourg,* appartenant à M. Decauville. Elles constituent en cet endroit la base du calcaire de Brie, exploité sur 9 mètres d'épaisseur.

Quant à la marne à Cyrènes, c'est la première fois, pensons-nous, que l'on en constate jusqu'à Corbeil la présence certaine. Elle s'y trouve vers 71 mètres d'altitude. Enfin la marne à Limnées se montre dans sa position normale, à la base du *feuillet* et au-dessus du calcaire de Champigny, qui présente un bel affleurement dans la tranchée du chemin de fer, c'est-à-dire vers la cote 55^{m}.

La couche 13 est celle qui nous a fourni les fossiles déterminables. Nous avons pu les étudier grâce au bienveillant concours de M. Munier-Chalmas. Ce sont :

1° *Planorbis planulatus,* Desh. — Espèce des sables moyens et du calcaire de Saint-Ouen. Deshayes a en effet signalé ce fossile dans les marnes à *Limnæa strigosa,* mais il conservait quelques doutes au sujet de cette détermination, n'ayant eu à sa disposition que des échantillons mal conservés. Ceux que nous avons recueillis sont identiques avec les spécimens de Beauchamp.

2° *Bithinia (Nystia) Duchasteli,* Nyst. — Très-commune dans le calcaire de Brie.

3° *B. pygmea,* Brongn. sp., var. — La *B. pygmea* se trouve en abondance dans les meulières supérieures. Nous croyons pouvoir lui rapporter l'espèce des marnes blanches, bien que celle-ci soit plus courte et plus globuleuse; nous la considérons pour ce motif comme une variété nettement caractérisée.

4° *B. Sandbergeri,* Desh. — Des couches d'Ormoy.

5° *Chara medicaginula.* — Tiges et graines.

Quant à la couche 14 de notre coupe, elle correspond évidemment à la marne brune observée à Ballancourt par M. Goubert. Les fossiles y sont pour la plupart écrasés ou roulés, mais nous avons distingué cependant le *Planorbis planulatus,* la *Bithinia Duchasteli* et une Bithinie striée qui est très-différente de toutes celles que l'on connaît dans le bassin de Paris. Malgré un nombre aussi restreint d'espèces

bien déterminées, on peut voir dès maintenant que les marnes à *Limnœa strigosa* présentent dans leur faune de grands rapports avec les formations supérieures.

Nous observons en outre la relation qui semble exister entre le faciès de ces couches calcaires et les sédiments sous-jacents. Ainsi que nous l'avons fait remarquer, les marnes à Limnées renferment souvent deux bancs de gypse dans les points où elles recouvrent la formation gypseuse proprement dite. A Corbeil, au contraire, comme à Champigny, où le gypse est remplacé par le calcaire siliceux, elles sont très-siliceuses, et c'est là sans doute une observation qui s'accorde avec la démonstration qu'a donnée M. Hébert du synchronisme des gypses parisiens et du calcaire de Champigny.

Ajoutons que l'on ne connaissait pas au sud les marnes à *Limnœa strigosa* au-delà de Fresnes-les-Rungis; nous pouvons maintenant les suivre sous les marnes à Cyrènes jusque dans la vallée de l'Essonne, où elles présentent un faciès qui nous permettra peut-être d'arriver à une connaissance plus complète des mollusques de ce niveau.

M. Albert **Gaudry** fait remarquer que l'on n'a encore trouvé que deux Mammifères dans les marnes blanches à *Limnœa strigosa;* un métacarpien découvert par M. Chapuis semble se rapporter à un Rhinocéros.

M. **Vasseur** rappelle qu'il a déjà signalé dans ces couches un *Xiphodon* recueilli à Fresnes-les-Rungis, des ossements d'Oiseaux trouvés à Pantin, des Tortues et des Poissons.

M. **Gaudry** ne nie pas qu'on ne puisse retrouver des fossiles du Gypse à un niveau supérieur, mais il constate qu'il y a des différences dans les faunes.

M. **Munier-Chalmas** fait observer qu'il n'est pas étonnant de trouver un Rhinocéros dans les marnes blanches, si on admet, comme on le fait généralement, que les phosphates du Quercy appartiennent à l'époque du Gypse.

M. **Gaudry** pense que les animaux des phosphates du Quercy sont bien distincts de ceux du Gypse ; ainsi, les *Anthracotherium,* si abondants dans les dépôts du Quercy, ne se montrent pas dans le Gypse. M. Gaudry cite aussi le grand développement des Ruminants que l'on observe dans les phosphates.

M. **Tournouër** a eu l'occasion d'observer, il y a plusieurs années, avec M. Albert Moreau, les marnes à *Limnœa strigosa* très-bien développées et renfermant beaucoup d'empreintes de coquilles, dans les grandes carrières à plâtre de Ville-Parisis, près de Montfermeil, trop peu visitées par les géologues parisiens. Il se rappelle avoir constaté dans ces calcaires marneux, tendres et blanchâtres, outre de nombreuses empreintes de *Limnœa strigosa* et de *Nystia Duchasteli,* Nyst *(Bythinia),* des empreintes assez abondantes d'un petit *Planorbe* et d'une *Melanopsis* qui n'ont pas encore été signalés dans l'étage gypseux des environs de Paris.

M. Mayer fait la communication suivante :

Sur la **Carte géologique** *de la* **Ligurie centrale,**
par M. Charles **Mayer.**

J'ai l'honneur de présenter à la Société géologique, coloriées d'après les terrains, les feuilles de *Gênes, Roccaverano, Novi* et *Acqui* de la Carte topographique, au cinquante millième, de l'État-Major italien, feuilles dont le carré représente la majeure partie de la *Ligurie,* ainsi qu'une notable portion du *Haut-Montferrat* et de l'ancienne province de *Tortone.* Entreprise dès 1865, cette carte géologique m'occupe depuis lors une ou deux fois, c'est-à-dire d'un à trois mois chaque année. Je viens de lui vouer, par extraordinaire, près de quatre mois de recherches suivies, et je compte m'en occuper encore, cette année, pendant toutes mes vacances, pour pouvoir l'envoyer, sous une forme au moins présentable, à l'Exposition de 1878.

Grâce à l'approbation de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie du Royaume d'Italie, ma carte, devenue en quelque sorte officielle, figurera dans la section italienne, parmi les objets de même nature que prépare le *Comité géologique* de la Péninsule. Elle y sera entourée d'un nombre restreint, mais cependant suffisant, d'échantillons des roches et des fossiles qui caractérisent les terrains qu'elle présente ; ce qui permettra à tous les géologues de s'assurer de la réalité des nombreux étages et sous-étages que j'ai signalés dans les terrains tertiaires de l'Europe et qui se retrouvent dans l'Apennin septentrional.

C'est qu'en effet (et cela a été le principal motif de mon entreprise), la contrée que j'ai étudiée avec tant de soin se distingue justement entre toutes, tant par l'énorme développement des terrains tertiaires moyens et supérieurs, que par la représentation aussi complète que régulièrement ordonnée de tous les étages et de presque tous les niveaux de second ordre qui constituent normalement cette série. C'est dire que mon travail ajoute à la valeur ordinaire d'une carte géologique détaillée l'intérêt que lui donnent les nombreuses innovations dont il offre la clef, et qu'il acquiert ainsi l'importance d'un modèle à suivre pour la distinction future des niveaux successifs que renferme l'ensemble des derniers terrains de sédiments.

Abstraction faite d'un léger empiétement de la masse gneissique des montagnes de Savone, sur le territoire de ma carte, dans la partie sud-est de la feuille *Roccaverano;* sauf, de même, quelques lambeaux

de terrains paléozoïques affleurant depuis Santa Giustina, à l'est de Montenotte, jusqu'à Cairo et Dego, à l'ouest; sauf, encore, deux autres lambeaux qui se voient près de Sassello et de Spigno, percés par la serpentine, tandis que de plus petits, encore difficiles à distinguer du macigno éocène qui les entoure, se retrouvent épars le long de la rivière de Gênes et dans l'intérieur de l'Apennin; — à cela près, le grand espace que représente ma carte n'offre, sur toute son étendue, que deux sortes de terrains superposés, à savoir : dans le sud de sa partie centrale, un immense massif serpentineux, et tout autour, une zone continue et encore plus considérable de terrains tertiaires, terrains qui se multiplient et se succèdent vers le nord et vers l'ouest, pour aller se perdre au nord sous la plaine du Po et passer plus à l'ouest dans l'Astésan et dans la vallée du Tanaro supérieur. Ce sera donc de ces divers terrains, de leur nature, de leurs limites et de leur puissance, que je vais avoir l'honneur d'entretenir la Société.

Le massif **serpentineux** de l'Apennin ligurien forme un carré, qui serait assez régulier s'il n'était découpé à l'ouest par les terrains tertiaires qui le recouvrent. Son côté sud, en effet, longe la mer depuis la pointe de Cornigliano, près de Gênes, jusqu'à Varazze, près de Savone. Son flanc oriental monte de la pointe précitée jusqu'à Voltaggio, c'est-à-dire presque en ligne droite vers le nord. De ce point, son bord septentrional, légèrement onduleux, file à peu près vers l'ouest, jusqu'au sud de Cassinelle. Mais ici, c'est-à-dire dans l'angle nord-ouest de notre carré, se développent, en brisant sa régularité, deux longs promontoires, dont l'un se dirige vers le nord jusqu'à Grognardo, tandis que l'autre, orienté nord-ouest, avance jusque près de Cartosio. Ce dernier forme ainsi la digue presque droite et très-longue au bout méridional de laquelle s'étale le golfe tongrien de Sassello. Ce golfe est lui-même limité au sud par un carré irrégulier de serpentine, qui le sépare tant du petit bassin de Santa Giustina que de celui de Montenotte. Enfin six petits massifs ou cones serpentineux, aux environs de Dego et de Spigno, dans la vallée de la Bormida, forment comme la ligne de traits complétant le grand carré indiqué.

La roche typique ou ordinaire de ce massif central est la serpentine vert-noirâtre, massive, très-dure et résistante. Rubannée de blanc, elle passe à des couches serpentineuses grossièrement feuilletées; tachetée de même couleur, elle devient soit du *gabbro*, soit de la variolite. En d'autres endroits, et au milieu du massif aussi bien que sur son pourtour, c'est la couleur rouge qui prédomine. Enfin, et cela se voit surtout sur les bords du massif ou autour des masses stratifiées qu'il englobe, la roche devient quelquefois brunâtre ou noirâtre; elle est alors à l'état de tuf ou de brèche, et elle a tout à fait l'aspect volca-

nique des tufs et conglomérats basaltiques, par exemple de ceux du Hœhgau près de Constance.

Quant à la nature originaire et à l'âge de la serpentine ligurique, — questions qui divisent les géologues en deux camps, au delà des Alpes aussi bien qu'en deçà, — s'il m'était permis d'avoir à leur sujet une opinion uniquement fondée sur l'examen attentif des roches serpentineuses et de leurs contacts et relations de voisinage avec les roches stratifiées de l'Apennin, je dirais qu'à mes yeux la serpentine a dû être dans l'origine une boue chaude, épanchée tantôt à sec, tantôt au fond des eaux, et qu'elle me paraît être des âges les plus divers, suivant les gisements. C'est ainsi que j'admets l'existence de notre massif dès avant l'époque du Flysch éocène, mais que je crois à une nouvelle fusion et à de nouveaux épanchements de la roche, surtout sur le pourtour du massif, à l'époque tongrienne inférieure, de même qu'à de nombreuses répétitions du même phénomène pendant les époques suivantes : tongrienne supérieure, aquitanienne, helvétienne inférieure et supérieure, et enfin tortonienne ; et c'est ainsi que je crois à une certaine connexion entre la chaleur interne de notre massif serpentineux et le ruisseau d'eau bouillante d'Acqui, comme entre les ophites et le ruisseau d'eau chaude de Dax.

Le terrain représenté par la teinte grise, qui sur ma carte occupe le plus de place après la serpentine et qui succède immédiatement à celle-ci à l'est et au nord, comme en des endroits, nombreux mais restreints, du massif central, est le macigno éocène ou Flysch à Fucoïdes. En adaptant la classification d'Alcide d'Orbigny aux nouveaux étages que j'ai cru devoir distinguer, j'ai, dès 1857, nommé ce niveau du Flysch étage ligurien, tant en raison de sa grande extension en Ligurie, que parce qu'ici sa position stratigraphique exacte se trouve fixée, d'un côté par le Bartonien de Nice, qui lui sert de base, et de l'autre par le Tongrien de la Ligurie, qui le recouvre.

Le **Ligurien,** singulièrement répandu dans l'Apennin, occupe sur ma carte, non-seulement le tiers de la feuille *Gênes,* mais encore l'angle nord-est de la feuille *Novi,* à peu près entre Garbagna et Villalvernia. Il découpe un large promontoire sur la même feuille, en s'avançant jusqu'à Pietra-Bissara, sur la ligne de Gênes à Alexandrie. Enfin il occupe une mince bande le long du revers nord du massif serpentineux, de Voltaggio jusque non loin de Cassinelle. Sur ces différents points, et surtout aux environs de Gênes, il renferme en abondance ses fossiles caractéristiques, notamment une quantité d'*Helminthoïdea labyrinthica* et de nombreux *Chondrites Targionii, C. intricatus* et *C. arbuscula,* ainsi que plusieurs autres genres de plantes marines, rares ailleurs.

Malgré son grand développement horizontal, le Ligurien n'atteint point une puissance extraordinaire. En effet, je ne puis, sans crainte d'exagérer, estimer son épaisseur totale à plus de deux cents mètres, mettant l'élévation qu'il atteint quelquefois (642 mètres au fort *Il Diamante;* 523 au mont Pesalovo près de Buzalla) sur le compte des plissements qu'il a subis et de la serpentine qui le supporte. Il se pourrait cependant que sur quelques points en dehors de ma carte, par exemple à Sestri-Levante, il eut, comme en Suisse (mont Fœhnern), de trois à quatre cents mètres d'épaisseur.

Le contact du Ligurien avec la serpentine offre sur toute sa ligne une série de phénomènes de métamorphisme des plus intéressants. Partout, en effet, à ce contact, les bancs sédimentaires sont refoulés par la dilatation des masses éruptives et plissés en innombrables chevrons ; de normaux et marno-calcaires qu'ils sont à distance, ils deviennent de plus en plus cristallins aux approches de la serpentine; ou bien les couches schisteuses prennent à son contact la surface talqueuse et veloutée de roches anciennes, quoique, dans bien des cas, leur dépendance du Flysch ne puisse faire aucun doute. Enfin il y a çà et là des blocs de Flysch complétement englobés dans la serpentine et alors métamorphosés à tous les degrés.

Tous ces faits, encore peu connus, ce me semble, et qui méritent si bien d'être étudiés dans tous leurs détails, peuvent être observés avec la plus grande facilité, presque aux portes de Gênes, le long de la côte ligurienne, aux environs de Carnigliano, de Sestri et de Pegli, pour ne pas aller plus loin.

L'étage **tongrien,** qui en Ligurie, comme dans l'échelle stratigraphique, succède à l'étage ligurien, est ici généralement constitué par des roches de couleur verdâtre; c'est la raison pour laquelle je l'ai coloré en vert clair sur ma carte. Recouvrant lui aussi une vaste surface sur le versant nord de l'Apennin, il longe le Flysch depuis Garbagna, au nord-est, jusqu'à Cassinelle, puis la serpentine à partir de ce point jusqu'au delà de Salicetto, au sud-ouest, en formant des golfes de dix et vingt kilomètres de longueur, pour se restreindre à une bande d'à peine trois kilomètres de large, au milieu de son extension, soit au sud de Mornese et d'Ovada.

Comme partout en Europe, le Tongrien se subdivise ici naturellement en trois sous-étages.

Le premier, formé presque entièrement par des poudingues et des sables serpentineux, est de beaucoup le plus important, et par son épaisseur, que j'estime à 400 mètres à l'est de Voltaggio, et par la faune extrêmement riche qu'il renferme. La prodigieuse abondance de deux espèces de Nummulites et la présence de plus de 30 pour %

d'espèces remontant d'étages plus anciens caractérisent cette faune, quoi qu'on dise, comme éocène, et il est avéré aujourd'hui qu'elle est identique avec celles, mieux connues, de Lesbarritz, près de Dax, et de San Gonini, Gnata, etc., dans le Vicentin.

Le sous-étage moyen consiste très-uniformément en des marnes schisteuses et tendres, vert-gris, faisant suite aux poudingues sur toute la largeur de ma carte, mais d'une étendue et, partant, d'une épaisseur des plus variables. Tandis qu'à l'est, en effet, elles persistent à cinq ou six kilomètres, elles sont, dans le centre, réduites à moins d'un kilomètre, ou elles se perdent même presque complétement, pour s'élargir de nouveau énormément dans l'ouest et former plusieurs rangées de collines des deux côtés de la Bormida. Là où leur stratification est bien reconnaissable, comme à l'est d'Arquata, leurs couches plongent régulièrement vers le nord-nord-ouest, sous un angle variant de cinq à vingt degrés, et il faut donc, vu la largeur de leur bande, qu'elles atteignent, au maximum, plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, peut-être cinq cents.

Chose singulière, ce niveau du Tongrien moyen, si riche en fossiles à l'étranger, en est presque complétement dépourvu en Ligurie. Il en existe cependant de rares, mais bien caractéristiques, et je crois que la faune de bivalves des marnes grises supérieures de Santa Giustina, près de Sassello, faune assez semblable à celle de Jeurres et de Morigny, appartient à ce niveau.

J'ai distingué sur ma carte, par la couleur vert clair très-saturée, le singulier ruban de roches à grains verts, marno-calcaires ou, plus rarement, siliceuses, qui correspond au Tongrien supérieur de l'Europe septentrionale. Ce ruban, épais seulement de dix à vingt mètres, n'en court pas moins, formant comme un mur presque continu et facilement retrouvable, du nord-est au sud-ouest, à travers toute ma carte, séparant ainsi, d'une manière très-utile, les marnes marines grises du Tongrien moyen, des marnes presque de même couleur de l'Aquitanien d'eau douce, c'est-à-dire l'Éocène qui finit du Néogène qui commence. L'importance de ce niveau pour la stratigraphie des terrains tertiaires d'Italie se fera encore mieux sentir, quand j'aurai dit qu'en plusieurs endroits, et notamment à Garbagna, à Arquata, à Lerma, à Cremolino, à Visone et à Acqui, il contient une faune parfaitement tongrienne, et qu'en même temps il est, par sa roche, tantôt identique avec le calcaire à Nullipores de Schio, ou avec le calcaire blanc de Gassino près de Turin, qui supporte les poudingues aquitaniens de la Superga, tantôt, comme à Vignole près d'Arquata, ou mieux encore à Cagna et à Lodisio, entre les deux Bormida, semblable, par ses concrétions siliceuses multiformes, aux grès de la forêt de Fontainebleau.

L'étage suivant, que j'ai nommé **aquitanien** et avec lequel je commence les terrains supérieurs ou néogènes, est en Ligurie, encore plus qu'en Suisse ou dans la Haute-Bavière, l'un des plus surprenants par son uniformité et sa puissance vraiment colossale.

Le long de l'Apennin, il est constitué par une série interminable de bancs gréseux, gris, d'un demi-mètre d'épaisseur, alternant avec des bancs marneux ou schisteux un peu plus foncés et un peu plus épais. Les couches inférieures sont, sur toute la ligne, caractérisées par la présence, sur leur surface, d'une quantité d'empreintes de plantes réduites en fragments, ainsi que par de rares filets de charbon fossile. Dans la partie moyenne se trouvent, formant une espèce d'horizon persistant d'un bout à l'autre du bassin, ces singulières concrétions rétiformes, dues à la rupture en losanges d'une couche de vase mise à sec et au remplissage de ces fissures par du sable apporté par une nouvelle marée. Enfin, les bancs supérieurs sont en général moins épais et plus marno-sableux que les autres, et donnent des dalles de toute épaisseur et des pierres de mur toutes taillées, en énorme quantité. En plusieurs endroits, ces assises moyennes et supérieures contiennent des coquilles indiquant l'approche de la mer de l'étage langhien.

N'offrant rien de remarquable (sauf de jolies coquilles fluviatiles à Garbagna) et ne formant qu'un dépôt d'une épaisseur relativement médiocre dans l'Est de ma carte, réduit à cinquante et même vingt mètres dans le voisinage des cônes de serpentine et des promontoires tongriens, l'Aquitanien commence à s'élargir de nouveau à partir d'Acqui, pour atteindre entre les deux Bormida une étendue et une épaisseur tout à fait extraordinaires. Quand on a, comme je l'ai fait, marché pendant des journées entières, soit de Roccaverano, par Cesole, à San Stefano-Belbo, soit de Cagna, par Cortemiglia, à Borgomale, en suivant par monts et par vaux à peu près la direction des couches, et que l'on a vu celles-ci, plongeant toujours au nord-ouest sous un angle d'au moins vingt degrés, se succéder pendant toute la journée, pour ne faire place que le soir aux marnes bleues langhiennes à Ptéropodes, ou aux mollasses helvétiennes inférieures à grains verts, on est comme épouvanté de l'épaisseur que doit avoir l'Aquitanien dans ces parages, et on n'ose tout d'abord en faire l'évaluation. Cependant, la puissance énorme de l'étage étant déjà connue par d'autres exemples, et atteignant déjà, d'après M. Gümbel, trois mille mètres dans la Haute-Bavière, et, autant que je sache, guère moins dans les cantons d'Appenzell et de Schwyz, je puis, sans risquer de trouver des incrédules, évaluer l'épaisseur de l'Aquitanien du Haut-Montferrat à trois mille mètres pour le moins.

Le second étage néogène, le **Langhien** de feu Pareto (1), représenté, en imitation de la couleur de la roche, par la bande bleue très-pâle qui traverse ma carte, offre avec son prédécesseur un contraste assez frappant. Et d'abord, c'est un dépôt tout marin, voire même toujours de mer profonde et à faune pélagique. Il est, ensuite, constitué, d'un bout à l'autre de mon territoire et du bas en haut de son épaisseur, par des assises singulièrement homogènes d'une marne calcaire uniformément bleu clair, tendre, alternativement schistoïde et plus compacte, noduleuse et plus ou moins fortement stratifiée. Enfin, et conformément à la nature peu résistante de la roche, il forme des collines plus basses que les deux étages qui l'encadrent, et c'est à lui en particulier que sont dues les deux vallées longitudinales de la Bormida et du Belbo moyens.

Pauvre en fossiles en général, et semblant même au premier abord n'en point contenir du tout, le Langhien en renferme cependant en abondance à tous les niveaux, mais par couches ou nids éparpillés et en général d'assez petite taille. Les espèces les plus communes sont les Ptéropodes, à savoir des *Vaginelles*, des *Cléodores* ou *Balantium* et des *Hyalées*, et, en outre, les *Ostrea neglecta*, *Cassidaria vulgaris* et *Aturia Aturi*. C'est en vain que j'ai essayé d'y distinguer par les fossiles les trois sous-étages en lesquels il se subdivise dans l'Aquitaine, sur la côte provençale et dans la Haute-Bavière; tout ce que j'ai pu faire, ç'a été de constater l'abondance de l'*Ostrea neglecta* (comme à Ponpourquey) et du *Balantium pulcherrimum*, et la présence du *Carinaria Paretoi* dans les couches supérieures, en compagnie d'un plus grand nombre d'espèces de Gastéropodes que plus bas.

Bien qu'extrêmement réduit, en comparaison de l'Aquitanien, surtout dans la partie ouest de la carte, où ce dernier est si extraordinairement développé, le Langhien n'en occupe pas moins, lui aussi, une très-grande surface. Sa zone mesure en effet trois kilomètres de large entre Serravalle et Arquata, quatre kilomètres sur plusieurs points plus à l'ouest, cinq au moins à Acqui et plus de six à Terzo. Or, comme les couches plongent partout vers le nord, sous un angle variable, il est vrai, mais d'à peu près vingt degrés en moyenne, leur épaisseur maximum peut parfaitement être évaluée à quinze cents

(1) Ainsi nommé d'après les *Langhe*, chaînes de hautes collines du Haut-Montferrat dont il forme en partie la base. — C'est mon ancien *Mayencien*, nom malheureux et impropre. — Réduit aux marnes tendres à Ptéropodes, le Langhien correspond exactement aux trois faluns successifs du moulin de l'Église, du moulin de Lagus et de Ponpourquey, du ruisseau de Saucats (Gironde), et au *Schlier*, avec ses faciès côtiers, du bassin de Vienne (le soi-disant premier étage *méditerranéen* des géologues autrichiens).

mètres, ce qui est assurément un fort beau chiffre pour un dépôt de haute mer.

Nous voici arrivés à mon étage **helvétien.** Établi en 1857 pour classer à leur place les mollasses marines suisses et les faluns supérieurs de la Gironde qui leur correspondent, cet étage n'a été que douze ans plus tard délimité comme il existe, par l'adjonction des faluns de la Touraine, devenue enfin possible, grâce à leur découverte, que nous devons à M. Tournouër, dans les départements du Gers et des Landes, c'est-à-dire là où il est impossible qu'ils ne soient qu'un faciès des sables jaunes de Saucats et du falun de Mandillot près de Dax. Composé, dès lors, de trois niveaux successifs, intimement liés entre eux par leurs rapports paléontologiques, stratigraphiques et géographiques (1), l'*Helvétien* se retrouve justement avec la même trilogie dans l'Italie septentrionale, c'est-à-dire au pied nord de l'Apennin et dans les collines de la Superga.

Il est en effet notoire aujourd'hui que sur ce dernier point les trois niveaux des sables et marnes serpentineux fossilifères, de la mollasse sableuse jaune à Bryozoaires et dents de Squales, et du calcaire serpentineux à grosses Lucines ou à Peignes (Pino Torinese, Sciolze-Cornaro), sont encadrés par les marnes langhiennes à Ptéropodes de Baldissero, et par les marnes bleues tortoniennes de Cornaro.

Or, l'Helvétien de mon territoire n'est, sous un faciès à peine différent et souvent même identique, que la continuation de celui du Bas-Montferrat. C'est ainsi que le niveau des bancs coquilliers de Turin est ici partout représenté par l'apparition de gros bancs de mollasse sableuse jaunâtre, au milieu des marnes bleues, dont ils interrompent tout à coup l'uniformité, bancs dont les premiers sont caractérisés par de nombreux grains de serpentine et, en plusieurs endroits (Avolasca à l'est et Borgomale à l'ouest), par la faune de la Superga, plus ou moins riche en espèces.

De même que près de Turin, le premier sous-étage contient, dans sa partie inférieure, une petite série de couches marno-schisteuses, dures et comme cuites, riches en *Vaginelles*, en *Cleodora Pede-*

(1) Ces trois sous-étages sont, dans l'Aquitaine : 1° le falun de Sos et de Gabarret, 2° le falun supérieur de Saucats et de Gabarret, 3° le falun de Salles et d'Orthez ; dans la vallée de la Loire : 1° le falun de la Touraine, 2° la mollasse de l'Anjou, etc., 3° le falun de Sceaux? et de Noirmoutier ; dans la vallée du Rhône : 1° le falun du Sausset près des Martigues, 2° la mollasse de Juvignac et de Saint-Paul-Trois-Châteaux, etc., 3° les marnes bleues à Turritelles et bivalves et le calcaire moellon ; en Suisse : 1° le *calcaire grossier* du Jura, 2° le grès coquillier jurassique, subjurassique et subalpin, 3° la mollasse marine de Saint-Gall, Lucerne, Berne, La Chaux-de-Fonds et Verrières ; enfin, dans le bassin de Vienne : 1° le niveau de Grund, 2° le niveau de Burg-Schleinitz, et 3° le niveau de Steinabrunn.

montana et en autres coquilles. De même aussi, sa partie supérieure est formée par des marnes bleues très-tendres, sans Ptéropodes, mais quelquefois riches en *Trigonocœlia aurita*. Ce premier sous-étage, le plus puissant des trois, comme on pouvait s'y attendre, vu l'abondance des fossiles en Touraine, à la Superga et à Grund, mesure quelquefois (Serravalle, Montaldeo, Strevi, Bistagno) de trois à quatre cents mètres d'épaisseur, rarement peut-être cent mètres de plus. Je ne saurais expliquer les nombreuses alternances de gros bancs sableux et marneux qu'il offre sur toute la ligne, sinon par des éruptions serpentiniques au large ou des mouvements de bascule du sol.

La mollasse uniformément sableuse et jaunâtre du Bas-Montferrat (Sciolze, Cocconato, Valence) se retrouve identique et avec les mêmes fossiles caractéristiques (Bryozoaires, *Pentacrinus Gastaldii, Cidaris Avenionensis, Terebratula miocœnica, Ostrea Serravallensis, Pecten ventilabrum, P. benedictus)* aux environs de Serravalle ; mais, vers l'est comme vers l'ouest, on la voit peu à peu changer de nature et devenir d'abord plus calcaire, plus blanche, semblable en un mot à la mollasse de Saint-Paul-Trois-Châteaux ; puis, dans le Tortonais, comme dans les Langhe, redevenir très-sableuse, très-tendre, blanche et jaune sale, avec des rangées de grosses concrétions et quelques petits bancs de marnes bleues. Comme ma carte, où cette zone est coloriée en jaune pâle, le fait pressentir, le Serravallin n'est nulle part fort puissant, et son maximum (à Serravalle, Castelletto-d'Orba, Montabone) ne peut être évalué qu'à deux cents, tout au plus deux cent trente mètres.

C'est en 1865 que j'ai eu le plaisir de découvrir sur la rive droite de la Scrivia, à Serravalle, les bancs de conglomérats et de Nullipores qui, placés comme ils le sont ici, entre la mollasse sableuse et les marnes bleues tortoniennes, m'ont donné la preuve palpable de la justesse de ma classification. Depuis lors j'ai pu suivre ces couches caractéristiques de l'*Helvétien supérieur* (et l'on peut les suivre sur ma carte, où elles sont teintes en jaune de chrome), d'un côté jusqu'à Carezzano, dans le Tortonais, de l'autre jusqu'au nord de Strevi, sur la Bormida de la plaine. Plus à l'ouest, la roche change de faciès; elle devient marno-schisteuse, bleu-grise, semblable aux marnes dures à Ptéropodes de l'Helvétien inférieur. Elle contient alors, dans ses bancs moyens, concrétionnés, d'assez nombreuses empreintes de coquilles, et dans ses bancs supérieurs, passant au Tortonien, de nombreuses petites concrétions blanches, que l'on dirait être de nature organique (des Nullipores avortés ?).

Partout où les Nullipores sont bien développés, il y a avec eux d'assez nombreux moules et empreintes de coquilles et des Huîtres et des

Peignes bien conservés. Or ces espèces sont toutes les mêmes que dans le calcaire moellon, la mollasse de Saint-Gall ou le calcaire à Nullipores inférieur de Vienne, et il me suffira de citer les *Ostrea plicatula, O. digitalina?, Pecten benedictus, P. latissimus, P. scabrellus, P. pusio, Avicula phalœnacea, Cardita scabricosta, C. Partschi, Lucina columbella, L. globulosa, L. spuria, Venus Aglauræ, Tapes vetulus, Turritella turris, T. Doublieri* et *Proto cathedralis,* pour montrer que c'est bien là le mélange qu'offre la faune du niveau de Steinabrunn.

L'*Helvétien supérieur* n'atteint que cent mètres à Serravalle-Scrivia, en comptant, bien entendu, les marnes bleues qui forment sa base, et la couche à grosses Lucines qui le termine. Peut-être a-t-il vingt mètres de plus au nord de Canelli. C'est peu en comparaison des deux autres sous-étages, et ce n'est guère que la moitié de son épaisseur sur les bords de la Sitter et de la Goldach près de Saint-Gall.

Le ruban déchiré bleu d'azur qui se fait remarquer sur ma carte, correspond aux marnes bleues à Pleurotomes innombrables, dont j'ai fait, dès 1857, mon étage **tortonien,** ayant dès cette époque vu assez de coquilles de Stazzano, de Sant' Agata et de Baden, pour ne plus pouvoir douter que ces faunes ne correspondissent à celle de Saubrigues et de Saint-Jean-de-Marsacq près de Bayonne, et qu'elles n'appartinssent toutes à un niveau particulier, le plus élevé de l'ancienne série miocène. Voici pourtant vingt ans que je prêche en vain à mes confrères de Vienne cette vérité, indiscutable en Italie, où l'on a tant de coupes montrant la place des marnes de Baden.

Comme je l'ai déjà dit dans maint ouvrage, le Tortonien est un des étages les mieux caractérisés et les plus constants de tous les terrains sédimentaires, sous le double rapport de la roche et de la faune, et je ne saurais mieux le comparer à cet égard qu'avec l'Albien ou Gault. Aujourd'hui en effet, nous connaissons le Tortonien non-seulement des quatre coins de l'Europe, mais encore de l'Asie Mineure (Caramanie) et du Nord de l'Afrique (Mascara). Or, partout il est constitué par de puissantes assises de marnes bleues, tendres et homogènes, et partout il possède, à quelques espèces locales près, la même faune de Gastéropodes, faune dans laquelle dominent les espèces et les individus de Pleurotomides, l'*Ancillaria glandiformis,* certains Buccins, certaines Colombelles, certains Cônes, certaines Natices, et où apparaissent ou se développent plusieurs espèces communes dans l'Astien inférieur : *Pleurotoma dimidiata, P. monilis, P. rotata, Xenophora testigera, Columbella tiara, C. nassoïdes, Dentalium inæquale, D. sexangulare, Ditrypa gadus,* etc.

La seule exception que je sache au faciès argileux du Tortonien est l'intercalation qui s'y voit, dans la célèbre localité de Bucca d'Asino

(commune de Stazzano, près de Serravalle), de poudingues et sables serpentineux, dus, selon moi, plus vraisemblablement à un cône sous-marin de serpentine qu'à une embouchure de rivière. Eh bien ! malgré ce changement de roche, malgré le faciès côtier de la localité, la faune reste parfaitement la même qu'ailleurs, c'est-à-dire éminemment *tortonienne*, et ne devient nullement, comme elle devrait pour donner raison aux géologues autrichiens, celle du calcaire à Nullipores inférieur ou du *Tegel* de Steinabrunn.

Nos marnes tortoniennes, si riches en fossiles dans l'Est, depuis Sant' Agata jusqu'au delà de Serravalle, perdent ceux-ci aussi bien dans le Centre, où pourtant elles s'amincissent considérablement, que dans l'Ouest, où elles s'étalent de nouveau et d'une manière très-remarquable. La largeur de la zone qu'elles occupent ici atteint jusqu'à six kilomètres entre Calosso et Costigliole, et la pente uniforme des couches vers le nord étant de dix-huit degrés au minimum, il s'en suit que l'étage peut avoir jusqu'à douze cents mètres d'épaisseur, puissance vraiment énorme pour une si faible partie du *Miocène* proprement dit.

Après avoir, le premier et dès 1866, annoncé (1) qu'il existait entre le Tortonien et l'Astien inférieur typique toute une série de dépôts intermédiaires, et classé provisoirement cette série dans le *Pliocène*, dont elle tient beaucoup par ses faunes marines, je me décidai, en 1868, à créer pour elle un étage nouveau, que je nommai **Messinien,** pensant bien faire de ne pas accepter le nom par trop classique de *Zancléen*, que j'avais remarqué dans la vitrine de M. Seguenza à l'Exposition de 1867. Ce nom de Messinien, répandu par mes *Tableaux synchronistiques des terrains tertiaires* et par mes *Catalogues des fossiles des terrains tertiaires qui se trouvent au Musée de Zurich*, et embrassant de prime abord les trois niveaux qui composent l'étage et la majorité des dépôts qui leur appartiennent, a pour lui la priorité de l'impression et de la diagnose; il doit donc rester, de plein droit, à l'étage en question.

L'étroite bande en rose vif qui se fait remarquer d'un bout à l'autre de ma carte, au-dessus de la zone bleue tortonienne, correspond au premier sous-étage messinien, soit au niveau que M. Suess a nommé couches à Cérithes ou de Billowitz. De nature très-diverse, formé tantôt de marnes sableuses jaune-rosâtres, de poudingues avec ou sans Nullipores, et de marnes bleues intercalées (Stazzano), tantôt d'une mollasse à fins éléments et de couleur blanchâtre (Castelrochero-Nizza),

(1) *Catalogue systématique et descriptif des Fossiles des terrains tertiaires qui se rouvent au Musée fédéral de Zurich*, 2e cahier.

tantôt de marnes bleues à Foraminifères et de marnes bitumineuses noirâtres (San Marzano), ce premier sous-étage, plus facile à reconnaître par sa position stratigraphique, que souvent à bien délimiter, se distingue par sa faune marine *pliocène,* à laquelle se joignent quelques espèces *miocènes* et plusieurs types particuliers. Les Cérithes, et en particulier les deux espèces caractéristiques, *C. pictum* et *C. rubiginosum,* ne s'y retrouvent que dans l'Est (Sant' Agata, Stazzano). Dans l'Ouest, je n'y ai encore vu que des coquilles vulgaires : *Venus multilamella, Pecten cristatus, Turritella communis, T. subangulata,* etc. (Castelgaro, Costigliole), sauf au sud de Nizza-Montferrato, où sa faune se fait remarquer par de nombreux et gros Foraminifères et par de petits bivalves de types peu communs.

Peu puissant et souvent à peine indiqué ou reconnaissable sous les gypses, le Messinien inférieur n'a au plus que vingt et quelques mètres sur mon territoire. C'est loin du chiffre que les géologues autrichiens semblent lui attribuer dans le bassin de Vienne, par exemple à Hernals.

Le sous-étage suivant, rendu par le rose pâle, est célèbre en Italie par la zone de gypse qu'il forme le long des Apennins, depuis Mondovi jusqu'à Girgenti (Sicile). En outre de masses gypseuses continues ou sporadiques, il se compose, sur mon territoire, de calcaires dolomitiques gris, de marnes rubannées argilo-sableuses, ou calcaires et jaunâtres, et, sur quelques points (Stazzano, Alice), de marnes bleues intercalées, avec la faune pliocène ordinaire *(Turritella subangulata, Natica helicina, Pleurotoma dimidiata, P. cataphracta, P. turricula, P. intermedia, Buccinum semistriatum, Columbella tiara,* etc.). Je n'ai encore réussi à trouver au milieu de ce mélange, ni du soufre, ni des Congéries, ni des *Adacna;* mais je viens d'y rencontrer, à Moasca, près de Nizza, à la base du gypse, les espèces fluviatiles des couches à Congéries de Bollène : *Melanopsis Matheroni, Melania curvicosta* (ou *Tournoueri), Neritina sp.* et *Paludina sp.* Le niveau de ces assises est donc indiqué ici tout comme près de Livourne et dans le département de Vaucluse.

Quoique beaucoup plus large que la zone à laquelle il succède, le Messinien moyen n'en est pas moins peu développé lui aussi, et, comme ses couches ne plongent en général que sous un angle de quinze degrés vers le nord, l'on ne peut guère lui attribuer plus de cent mètres, là où il est le plus épais, c'est-à-dire là où les marnes marines de sa base, bien développées, ajoutent à la puissance des marnes gypseuses.

Le troisième sous-étage messinien, que j'ai nommé couches d'Eppelsheim, alors que je ne connaissais encore que son faciès fluviatile, pourrait s'appeler *Mattérin* ou couches de Mattera, d'après la ville

de la province de Bari où son faciès marin, le calcaire grumeleux blanc à nombreux fossiles, apparaît sous les marnes bleues astiennes inférieures. Ce sous-étage est, sur mon territoire, tantôt constitué, comme dans le reste de l'Europe centrale, par cent mètres de cailloux roulés, avec intercalation de sables ou de marnes jaunâtres, et quelquefois de bancs de lignites peu étendus (Tortonais, Serravalle), tantôt réduit à une épaisseur variable, mais n'allant guère que de vingt à cinquante mètres, de marnes sableuses, jaunâtres, homogènes (est de Serravalle, environs d'Acqui), ou de sables et argiles alternant en petites couches souvent onduleuses (environs de Nizza-Montferrato). A Villalvernia, les marnes des lignites contiennent de petites Cyrènes et Buccardes. A Cassano, j'ai réussi à trouver dans le poudingue un fragment d'un gros os de Mammifère. Enfin à Nizza, les bancs marneux supérieurs offrent d'assez nombreuses empreintes de coquilles fluviatiles (1) : Cyrènes, Paludines, Bithynies, et ici, comme sous Vaglio, ils passent d'une manière remarquable, par l'alternance répétée de gros bancs de marnes bleues et de marnes sableuses blanchâtres, aux marnes bleues astiennes inférieures.

Comme on le voit, le Messinien n'aurait en tout qu'environ deux cent cinquante mètres dans le Tortonais et dans le Haut-Montferrat; mais je crois avoir évalué sa puissance au double dans l'Astésan, entre le pont de Chieri et les moulins de Castelnuovo d'Asti, et c'est aussi le chiffre qu'il atteint en Suisse, dans la montagne de l'Uto, près de Zurich, par exemple.

L'avant-dernier sous-étage tertiaire, l'étage **astien** (de Rouville), se subdivise, au pied nord de l'Apennin ligurien, en deux séries bien distinctes et nettement séparées : les *marnes bleues* types du Pliocène inférieur, et les *sables jaunes* qui leur succèdent. Jusqu'à présent, je n'ai vu, ni du côté de Tortone, ni du côté d'Asti, les marnes bleues intermédiaires du Plaisantin, caractérisées par l'abondance des coquilles bivalves et de certains Gastéropodes, tels que *Dentalium sexangulare, Turritella communis, T. tornata, Xenophora crispa, Natica millepunctata, Murex trunculus, Conus ponderosus,* etc. Je crois donc qu'il y a ici une petite lacune, provenant du retrait de la mer vers la fin de l'époque astienne inférieure (2). J'insiste sur ce point, parce qu'il en résulte que les faunes astiennes inférieure et su-

(1) Je viens d'y trouver, ce printemps, quatre espèces de *Cardium,* dont deux au moins sont des espèces des couches à Congéries : *C. Bollenense* et *C. Carnuntinum.*
(Note ajoutée pendant l'impression.)

(2) Je viens de retrouver cette partie inférieure de l'Astien supérieur en quelques endroits au nord de Nizza-Montferrato. Elle y a environ deux mètres.
(Id.)

périeure du Piémont sont d'âge très-différent, et qu'ainsi leur mélange dans les dépôts glaciaires des environs de Côme ne peut être attribué qu'au balayage successif de leurs couches respectives.

Presque partout visibles au contact du Messinien supérieur ou le long de la Scrivia, dans l'Est de ma carte, les marnes bleues de l'Astien n'apparaissent plus que par lambeaux ou au bord des rivières dans le centre, où domine un épais rideau de terrain quaternaire. A partir de Cassine, au nord d'Acqui, elles forment, en revanche, de nouveau une zone continue, qui va en s'élargissant vers l'ouest. Depuis mon séjour à Nizza-Montferrato, l'année dernière, je crains de m'être trompé en n'évaluant qu'à cent cinquante mètres leur puissance dans le Haut-Montferrat, et, vu la largeur de la surface qu'elles recouvrent le long du Belbo aussi bien que sur les bords du Tanaro, tout en plongeant sous un angle que je ne trouve pas inférieur à dix degrés, je pense qu'elles atteignent ici aussi jusqu'à trois cents mètres.

L'*Astien supérieur*, la grande nappe rouge clair qui se fait remarquer dans le Nord de ma carte, n'offre ici rien d'extraordinaire, sinon une pauvreté en fossiles remarquable en comparaison de la richesse des localités de la rive gauche du Tanaro, et, en revanche, une puissance plus forte que dans l'Astésan, puissance qui atteint près de soixante mètres à Vaglio et près de cent à Vinchio, au nord de Nizza. Malgré, donc, la rapidité relative avec laquelle ont dû se déposer ces cent mètres de sables jaunes, sous l'influence de trente rivières apportant des matériaux, et peut-être de nuées de poussière provenant des volcans de Rome, je crois que j'ai dit trop peu en n'évaluant la durée de l'époque qu'à trente siècles, et c'est au moins le double que j'aurais dû dire. De même, pour la durée de l'époque antérieure, éclairé par les avis des géologues suisses qui ont étudié les dénudations survenues au pied des Alpes et dans le Jura pendant la période *pliocène*, je pense aujourd'hui qu'il faut beaucoup ajouter aux vingt-cinq mille ans dont je croyais que l'on pouvait se contenter pour expliquer le creusement de nos vallées et lacs dans la mollasse messinienne et le dépôt des masses de marnes bleues subapennines ; je mets donc maintenant quarante mille ans au minimum, et quand même il faudrait s'en tenir aux trois cents mètres de vase astienne inférieure du Plaisantin. Avis aux anthropologues et Darwinistes convaincus.

Voici donc de rechef un étage tertiaire qui, si modeste qu'il soit en comparaison de bien d'autres, a lui aussi tout au moins quatre cents et peut-être cinq cents mètres d'épaisseur. Si nous ajoutons ce chiffre à tous les précédents, à partir de l'Aquitanien, nous voyons que, sans compter leur dernier étage, les terrains néogènes réunis ont, sur mon territoire, quelque chose comme sept mille mètres de couches super-

posées. Décidément, il faut descendre jusqu'au Laurentien supérieur ou Labradorien de la forêt bavaroise, pour trouver des chiffres pareils.

Des trois termes de l'étage **saharien** (Mayer), le premier (niveau de Cromer) ne m'est point encore connu de mon territoire, peut-être parce que je n'ai pas encore parcouru la lisière de ma carte du côté de l'Astésan. Je sais seulement qu'une dent d'*Elephas meridionalis* a été trouvée, en gisement secondaire. dans le lit du Belbo, à Incisa, et j'espère dès lors qu'il me sera possible de rencontrer cette année quelque amas primordial de gravier marno-ferrugineux, saharien inférieur, au-dessus de l'Astien II du Montferrat. Je compte même sur l'automne prochain pour tâcher de distinguer, dans le Sud de la plaine d'Alexandrie, des strates véritablement sahariennes inférieures sous les cailloutis et marnes rouges des dernières collines subapennines.

Quant au *Saharien moyen,* dont l'existence primitive à l'embouchure actuelle du Tessin dans le Pô est indiquée par la tête de *Megaceros euryceros* trouvée près de Pavie, rien, ni lignites, ni tourbe, ne s'est encore rencontré sur mon territoire qui puisse permettre de l'énumérer parmi les dépôts qui s'y trouvent; et il serait difficile de choisir parmi les cailloutis des bords des grandes vallées ceux qui, étant les plus bas, ont pu peut-être se former dès l'époque interglaciaire.

Comme contraste, le *Saharien supérieur* est à la fois extrêmement répandu et tout particulièrement intéressant à étudier sur les deux versants de l'Apennin ligurique. Moins compliqué qu'au pied des Alpes, à cause de l'absence de véritables moraines, il n'en est pas moins composé de trois dépôts successifs, dont deux sont évidemment d'origine toute différente.

Le premier de ces faciès, que j'appellerai le *diluvium apenninique,* est un cailloutis de roches des vallées où il se trouve, principalement de serpentine, de flysch et de quartzite ou calcaire plus ancien. Par sa position des deux côtés des hauteurs et aussi bien assez haute (jusqu'à cinquante mètres au moins au-dessus de la mer) sur les flancs des vallées de la rivière de Gênes, que singulièrement élevée dans la vallée de la Bormida (au-dessus de Bistagno, à environ quatre cents mètres; sous Montabone, à environ cinq cents mètres), ainsi que par ses éléments qui atteignent jusqu'à un demi-mètre cube, ce diluvium atteste évidemment l'invasion de nos vallées par les glaces, puisque ce ne peut être qu'avec leur aide que de gros galets et de petits blocs ont pu être transportés des hauteurs de Settepani sur les hauteurs de Montabone, de Moirano et de Strevi.

Le second dépôt, d'origine fluvio-glaciaire comme le premier, mais restreint à quelques points privilégiés, est une espèce de lehm, c'est-à dire de marne jaune clair, qui s'est déposée après le cailloutis dans

certains recoins de la vallée de la Bormida, par exemple sous Morsasca et près de Strevi, à environ 60 mètres au-dessus de la plaine. Ce limon ne saurait être, en effet, qu'un produit de la Bormida glaciaire, singulièrement enflée et bourbeuse; il a donc une certaine analogie d'origine avec le Lœss de la vallée du Rhin et des autres vallées nord-alpines.

A côté de ces deux produits et se mélangeant quelquefois avec le premier, ou plutôt l'imprégnant de sa couleur vive, se fait remarquer, sur une foule de points de notre territoire, un dépôt des plus curieux, et par sa nature et par ses relations stratigraphiques. C'est généralement une argile noduleuse et plus ou moins ferrugineuse, de couleur rouge brunâtre ou jaunâtre, d'une épaisseur très-variable, mais d'ordinaire assez faible (dix à quarante centimètres) et n'atteignant que par exception un, deux et jusqu'à dix mètres (Monte-Rosso, Merlassino, entre Serravalle et Novi), là, à vrai dire, où l'Astien supérieur pourrait être remanié. Or, ce qu'il y a d'étonnant dans ce dépôt, c'est qu'il se retrouve identique des deux côtés de l'Apennin et à tous les niveaux possibles, mais de préférence dans les lieux protégés contre la dénudation et sur les sommets où il forme des espèces de calottes. Cette position jusque sur des hauteurs auxquelles, certainement, aucun cours d'eau diluvien n'est parvenu, demande dès lors une explication particulière.

L'hypothèse qui me semble la meilleure, celle qui convient en même temps à l'âge, à la nature et aux relations de cette marne, c'est celle qui en fait un produit aérien et analogue aux éléments de la neige rouge des Alpes. Dans cette hypothèse, le Nord du Sahara étant redevenu à sec vers la fin de la seconde époque glaciaire, aura bientôt commencé à s'échauffer comme avant son affaissement sous la mer, et la différence de température entre ce four et le Nord de l'Italie aura produit au pied des Alpes d'effroyables tempêtes de sirocco, apportant jusqu'à nous la poussière du Sahara. Il est vrai que, dans cette hypothèse, pour expliquer le dépôt de quarante décimètres de poussière, il faudrait admettre que la phase de retraite des grands glaciers ait duré plusieurs mille ans; mais est-ce que la chimie ou la pétrographie nous empêchent d'appeler à notre aide les poussières des volcans de Rome et de Naples et des sables de l'Astien supérieur? De même, pour en revenir à l'Astien, est-ce que la formation de ses sables ne serait pas en relation avec quelque phénomène volcanique grandiose? Rien de plus curieux, en effet, que cette succession subite et générale des sables jaunes aux marnes bleues de la période astienne; mais à quoi est-elle due? On conviendra que l'étude des terrains tertiaires n'est pas encore terminée.

M. Dollfus donne lecture de la note suivante :

*Note sur l'***altération** *des* **roches quaternaires** *des environs de* **Paris** *par les* **agents atmosphériques,** par M. E. **Vanden Broeck.**

L'attention de la Société géologique a déjà été attirée sur l'altération des roches superficielles par les eaux atmosphériques; nous avons aujourd'hui l'honneur de présenter quelques développements à une nouvelle note, simple prise de date, extraite des *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* (1), sur l'altération des dépôts quaternaires aux environs de Paris par les mêmes agents atmosphériques, comme application de la même théorie.

Existe-t-il, dans le Quaternaire des environs de Paris, deux étages correspondant à ce que l'on nomme *Diluvium rouge* et *Diluvium gris?* Cette division représente-t-elle des niveaux distincts dans la série quaternaire ?

Nous pouvons actuellement répondre : non. Non-seulement il n'existe pas de divisions nettement tranchées dans ces dépôts quaternaires, mais les niveaux que l'on peut indiquer ne coïncident pas avec les divisions généralement adoptées, et aucun caractère déjà donné ne permet de les distinguer.

Le Diluvium rouge n'est qu'un faciès altéré du Diluvium gris ; les hauts niveaux ne peuvent par là être distingués des bas niveaux, et même beaucoup de dépôts admis comme Diluvium rouge ne sont que des faciès altérés de dépôts tertiaires sous-jacents. Toutes les différences des deux Diluviums tendent à cette démonstration : la composition, la faune, la stratigraphie.

La composition montre que le Diluvium gris est calcaire (effervescent) et que le Diluvium rouge ne l'est point ; sableux ou argileux, le second ne renferme point de chaux ; il n'est point effervescent, comme M. Belgrand l'a si bien établi; la chaux éliminée n'a pu disparaître que par une dissolution due à l'infiltration des eaux pluviales chargées d'acide carbonique. Cette dissolution du calcaire s'est étendue jusqu'aux galets calcaires et aux fossiles ; les coquilles ont toujours disparu dans le Diluvium rouge; les rares ossements que l'on y a signalés y sont, comme les galets, corrodés, altérés d'une manière caractéristique.

Les composés ferreux du Diluvium gris se sont modifiés sous la

(1) *C.-R.*, t. LXXXIV, p. 43; 1877.

même influence : l'oxydation a transformé l'hématite noire ou brune (sesquioxyde de fer) ou la glauconie grise ou verdâtre (silicate de fer, d'alumine et de magnésie) en limonite (hydrate de fer). La couleur, de grise ou brune, est devenue rouge ou jaune, et ce n'est pas là un des effets les moins caractéristiques, puisque c'est lui qui a servi à séparer les couches que nous assimilons.

La stratigraphie indique le Diluvium rouge tout à la fois comme ravinant ou surmontant le Diluvium gris, et comme presque exclusivement développé sur les plateaux et les anciennes terrasses; observations essentiellement contradictoires si les deux dépôts sont différents, naturellement explicables si l'un d'eux n'est qu'un faciès d'altération.

Les limons des plateaux, plus anciennement déposés, plus exposés aux intempéries atmosphériques, sont modifiés jusqu'à leur base, donc sans laisser de Diluvium gris. Les limons des vallées, plus récemment déposés, protégés par des pentes faciles d'écoulement ou par des lits locaux argileux, imperméables, ne sont atteints que dans une partie de leur masse : la base est du Diluvium gris. Le contact des deux dépôts est du reste suffisamment caractéristique : on y observe des poches, des sinuosités profondes, des découpures trop à pic pour avoir été des talus d'érosion, des îlots non altérés, suspendus dans la masse de la partie transformée, faits que l'on ne saurait attribuer aux courants diluviens. Ajoutons que la dissolution du calcaire entraîne une diminution considérable dans le volume de la masse, qui s'est alors naturellement tassée dans la partie plus profondément altérée; de là des apparences d'affaissement, des poches arrondies, qui concourent à faire croire à des ravinements illusoires. Mais ces phénomènes eux-mêmes fournissent un appui inattendu à notre thèse; car, quand il existe dans le limon non altéré des lits de galets siliceux, insolubles, on les voit se prolonger dans les poches altérées, tantôt horizontalement, tantôt sous forme de guirlandes, pour venir occuper de l'autre côté la même place qu'ils ont sur le premier bord. Dans les dépôts tertiaires où alternent les bancs gréseux solides et les sables, on voit les bancs durs, dont le ciment calcaire a disparu au centre de la poche, devenus sableux, présenter des guirlandes ferrugineuses en continuité avec les parties non altérées et en place. Qu'on jette, après ces explications, un coup d'œil sur la planche VI du bel ouvrage de M. Belgrand : *La Seine,* et toutes les difficultés disparaîtront; M. Belgrand, d'ailleurs, partout où les galets siliceux traversent les poches de limon rouge, a reconnu qu'il fallait écarter toute idée de ravinement.

Le savant ingénieur a bien admis des apparences de ravinement par des actions physiques (infiltrations) ou mécaniques (tassements); mais l'action chimique si générale, si uniforme, si profonde, produite par

les infiltrations pluviales et qui s'est exercée sur tous les points, semble lui avoir échappé; il a continué à croire que ce qu'il appelle le *limon de débordement* était un dépôt distinct de l'*alluvion.* Il a entrevu le rôle particulier des sables gras, en disant que les infiltrations de la couche supérieure n'avaient pu se faire ressentir au-dessous, à cause de l'imperméabilité de cette formation ; mais il n'a pas pensé que la couche supérieure altérée n'était que le sommet non protégé de la couche normale, qu'elle n'en différait simplement que parce que les eaux atmosphériques n'avaient pu atteindre la masse inférieure par suite de l'intercalation du dépôt local des sables gras. Les figures 3 et 4 de la planche VI sont des illustrations splendides de l'unité des dépôts quaternaires et de leur altération superficielle postérieure, et la figure 5 de la même planche montre parfaitement l'influence du dépôt imperméable des sables gras sur la marche des infiltrations pluviales et, par suite, sur celle des phénomènes d'altération qui en sont la conséquence.

On a cru devoir abandonner en théorie les termes de *Diluvium rouge* et de *Diluvium gris,* quoiqu'ils soient dans la pratique une étiquette bien commode, et on les a remplacés par ceux de *limon des plateaux* et de *limon et graviers de débordement* pour le premier, de *graviers de fond et alluvions* pour le second ; les *sables gras,* formation terreuse, argileuse, locale, étant représentée comme intermédiaire. Ces dépôts ne sont pas, pour nous, distincts comme âge, et ces dénominations ne peuvent subsister ; celle des sables gras toutefois pourrait être maintenue comme faciès minéralogique particulier et local au sein de l'alluvion. De même, les termes de *hauts niveaux* et de *bas niveaux,* donnés à des dépôts dits antérieurs ou contemporains de la formation des vallées, désignent pour nous des atterrissements continus et formés successivement à différentes hauteurs.

La seule distinction qu'il y ait lieu de faire, c'est que la partie du diluvium qui occupe le fond des vallées a été remaniée par les fleuves quaternaires et changée en alluvion à éléments roulés, tandis que le diluvium des plateaux et des régions élevées est resté en place et, à part les altérations chimiques, tel qu'il avait été déposé.

Les limons de débordement ne sont que les parties supérieures, plus fines, de dépôts à éléments plus grossiers plus bas, et nous ne pouvons savoir si les sables gras, dépôts locaux, sont partout au même niveau ; la séparation qu'ils indiquent en certains points n'est nullement celle de deux dépôts d'âge différent, mais celle de la zone intacte et de la zone altérée d'un même dépôt, plus grossier vers le bas, plus fin vers le haut.

Tous ces dépôts quaternaires sont au fond identiques, successifs et

continus : les plus anciens, en même temps les plus élevés. sont ceux dont l'altération est la plus profonde; les plus récents, en général les plus inférieurs, sont les mieux conservés ; mais aucun caractère donné jusqu'ici ne permet d'aller plus loin, sauf en ce qui concerne la distinction du diluvium du fond des vallées, qui a été remanié et changé en alluvion à éléments roulés.

Si on jette les yeux sur la figure 2 de la planche VI de l'ouvrage de M. Belgrand, qui représente la coupe du chemin de fer de ceinture entre la route d'Italie et la route de Choisy, on peut se demander si ce qui y est désigné sous le nom de *limon rouge* est réellement un dépôt quaternaire. Il pénètre, dit la légende, dans le calcaire grossier moyen très-mou; il y forme, à notre avis, des prolongements si irrégulièrement découpés, des îlots si extraordinaires, que nous ne pouvons y voir que du calcaire grossier altéré, oxydé, privé de son calcaire par dissolution, et dont les éléments ferreux sont transformés; ce serait du tertiaire modifié sur place, et non un dépôt quaternaire. Nous avons donné les preuves, actuellement incontestées, de phénomènes absolument identiques dans l'Éocène moyen des environs de Bruxelles.

Il est également probable que c'est aux infiltrations pluviales qu'il faut attribuer la disparition des grès sur certains plateaux supérieurs, et non à un courant immense qui les aurait détruits et pulvérisés en certains points. L'alignement des points dissous correspondrait simplement aux thalwegs des grandes ondulations des dépôts gréseux dont les pentes ont dirigé l'écoulement et les infiltrations des eaux pluviales.

En étendant notre sujet, on peut croire que nombre de dépôts attribués au Quaternaire et situés à des altitudes élevées n'ont point été apportés par des courants diluviens quaternaires, mais ne sont que des produits d'altération sur place des dépôts superficiels tertiaires ou crétacés. Nous nous rallions par ce côté aux idées de M. de Lapparent, qui a démontré récemment que l'argile à silex, confondue longtemps avec les dépôts quaternaires, n'était que le produit de la modification sur place et par dissolution des couches superficielles de la Craie.

Le champ d'études qui s'ouvre dans cette direction nous semble très-nouveau et très-vaste; nous pensons que l'avenir réserve un grand nombre de faits favorables à cette théorie générale d'un nouveau métamorphisme, dont l'importance a été généralement méconnue jusqu'ici.

M. **Hébert** présente les observations suivantes :

Je ne puis laisser insérer dans notre *Bulletin* la note de M. Vanden Broeck sans la faire suivre de quelques remarques.

Il n'est pas possible, lorsqu'on a vu ce que les géologues parisiens appellent *Diluvium rouge*, de considérer ce dépôt comme résultant d'une altération du *Diluvium gris* sous-jacent. Aucune infiltration d'eaux acides ne saurait transformer les couches à stratification irrégulière des sables, graviers et cailloux roulés du Diluvium gris, en l'argile non stratifiée, remplie de silex anguleux, jamais roulés, du Diluvium rouge, qui renferme quelquefois des blocs à arêtes vives de plusieurs mètres cubes de grès siliceux ou de meulières de Brie.

M. Vanden Broeck s'est évidemment mépris sur le dépôt dont il a voulu parler. Je ne doute nullement que les observations qu'il a faites aux environs de Bruxelles ne soient exactes, et je ne conteste pas qu'elles ne puissent trouver leur application autour de Paris; mais leurs conséquences ne peuvent avoir aucun rapport avec le Diluvium rouge. M. Vanden Broeck s'en convaincra en se reportant aux descriptions qui ont été données du Diluvium rouge (1).

Le secrétaire analyse les notes suivantes :

Quelques réflexions sur le **prétendu soulèvement du Sancerrois** *et sur la note de M. de Cossigny,*

par M. Th. **Ébray.**

On sait que M. Raulin a cherché à établir un soulèvement dirigé E. 26° N., en prenant pour base la direction d'une série de collines situées au nord de Sancerre. Les partisans de ce système, M. de Cossigny en particulier, se gardent bien d'examiner la stratigraphie de ces collines, qui ne peuvent naturellement servir à établir un système E. 26° N., qu'à la condition de contenir dans cette direction un plan plus ou moins vertical autour duquel les couches s'affaissent en formant un axe ou un plan anticlinal.

Sans examiner la base sur laquelle M. Raulin s'est appuyé, notre collègue annonce qu'Élie de Beaumont a admis le soulèvement dont il est question, pour type du système de l'Érymanthe et du Sancerrois. Élie de Beaumont ne procéda pas ici avec plus de prudence que ne vient de le faire M. de Cossigny, qui était pourtant averti par mes travaux.

Notre confrère annonce que j'ai reconnu que la faille de Sancerre

(1) Ch. d'Orbigny, *Bull. Soc. géol. France,* 2e sér., t. XII, p. 1257; 1855; — Ed. Hébert, *Bull.,* 2e sér., t. XXI, p. 58 et 180; 1864; — Prestwich, *Philosophical Transactions*, t. CLIV, p. 268; 1864.

n'était pas isolée, mais qu'elle faisait partie d'un système de failles de même direction s'étendant sur une partie du Nivernais; M. Ébray, dit-il, en a conclu que le système du Sancerrois était une erreur.

M. de Cossigny n'a sans doute pas lu ma note sur la *Nullité du système de soulèvement du Sancerrois* (1); car il saurait que je repousse ce système, non pas à cause de la faille de Sancerre, mais bien par la raison que les collines dirigées E. 26° N. sont des collines de dénudation, n'offrant ni flexions de couches ni axe anticlinal.

Voici d'ailleurs ce que je dis dans la note sus-mentionnée (p. 473) :

« Si M. Raulin décrit avec exactitude une portion de la longue faille » qui traverse le département du Cher, on cherche en vain les raisons » stratigraphiques qui l'ont porté à admettre un soulèvement suivant » E. 26° N.... Or, il y a bien suivant la direction indiquée par M. Rau- » lin une série de collines; mais, si l'on examine les allures des couches, » on voit qu'il n'existe pas de flexion sur une perpendiculaire à cette » direction; les étages obéissent tous au relèvement normal qui se » manifeste sur tout le pourtour du bassin anglo-parisien et aux ac- » tions non moins évidentes de la faille de Sancerre; aucun indice ne » vient démontrer la présence d'autres causes perturbatrices.

» L'absence de tout axe anticlinal géologique résulte d'ailleurs des » coupes fournies par M. Raulin; il suffit de jeter les yeux sur la » planche XI pour se convaincre que les escarpements dont les som- » mets sont à la cote 300, fig. 1, 380, fig. 2, 434, fig. 3, 434, fig. 6, » sont des escarpements de dénudation, et nous ne serions pas em- » barrassés de produire d'autres preuves, si cela était nécessaire. »

Après avoir rappelé la raison sur laquelle je me suis appuyé pour mettre en relief la nullité du système de soulèvement du Sancerrois, raison dont M. de Cossigny ne parle pas dans sa note, je ne suivrai pas notre collègue dans toutes ses idées sur la production des failles.

En restant simplement dans la sphère de l'observation, le phénomène de la faille devient facile à expliquer.

D'après les idées reçues en France et ailleurs, la croûte terrestre est obligée de se plisser pour diminuer sa contenance de manière à s'appliquer sans cesse sur le noyau interne.

C'est naturellement grâce à l'action de la pesanteur que cette application peut se faire, *et cette force importante* n'est autre que la force R du croquis 3 de M. de Cossigny, force dont notre collègue ne paraît pas deviner la provenance, puisqu'il dit : « Or, si l'on se rend facile- » ment compte de la raison d'être d'une force intérieure agissant » comme P sur un point limité, on conçoit bien moins encore quelle

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XXIV, p. 471.

» force extérieure à la planète pourrait venir au même instant faire » l'office de la force R. »

Dans les premiers temps de ce mouvement d'affaissement, il faut admettre que l'écorce de la Terre a pu se déformer et, par conséquent, se rétrécir sans se rompre, et il devient dès lors évident que dans ce mouvement elle ne se conformera pas aux conceptions théoriques exprimées par les figures 1, 2 et 3 de M. de Cossigny.

Cette écorce fléchira en s'ondulant, en se plissant et en s'écrasant, jusqu'à ce que la limite de sa déformation soit atteinte. C'est alors que la rupture ou la faille se produira.

Les failles qui se produisent dans ces circonstances ont des caractères particuliers que je décrirai quand j'aurai fini l'étude de ces phénomènes ; mais il faut admettre qu'à l'époque des plissements initiaux et même avant cette époque, des vides ont pu se faire, soit entre l'écorce et la pyrosphère, soit au milieu de cette écorce elle-même ; dans ce cas la rupture a pu s'effectuer par le seul fait de l'absence d'un soutien. Les failles qui se produisent sous cette seule influence ont un autre caractère, disons-le tout de suite, un caractère de netteté que les autres n'ont pas.

Le poids inégal de l'écorce, les irrégularités inévitables dans la forme des plissements, la possibilité de l'existence de vides, l'inégalité des vitesses d'affaissement, amèneront des différences d'intensité dans les forces R et P de M. de Cossigny (R = pesanteur ; P = réaction de la pyrosphère).

Il ne faudrait pas cependant supposer que la production des failles mette en jeu des forces d'une puissance exagérée. Une faille de 800 mètres de dénivellation ne représente que la centième partie de l'épaisseur de l'écorce de la Terre. Il suffit donc d'admettre de petites irrégularités dans l'action des forces R et P, pour permettre la supposition de la formation d'une grande faille.

Note sur la position probable de la zone à **Ammonites tenuilobatus** *dans la* **Haute-Marne**, par M. **Tombeck.**

Dans ma communication du 6 novembre dernier, en signalant les deux zones à *Ammonites bimammatus* qui, dans la Haute-Marne, limitent supérieurement et inférieurement le Corallien inférieur, je citais comme recueillis dans l'une ou l'autre de ces zones l'*A. Hauffianus* et l'*A. Pichleri*.

COMPOSITION DU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

POUR L'ANNÉE 1877

Président : M. TOURNOUËR.

Vice-Présidents.

M. SAUVAGE. | M. HÉBERT. | M. Alb. GAUDRY. | M. MICHEL-LÉVY.

Secrétaires.

M. BROCCHI, pour la France.
M. VÉLAIN, pour l'Étranger.

Vice-Secrétaires.

M. G. DOLLFUS.
M. DOUVILLÉ.

Trésorier : M. BIOCHE. | *Archiviste :* M. DANGLURE.

Membres du Conseil.

M. COTTEAU.
M. TOMBECK.
M. JANNETTAZ.
M. MALLARD.
M. DE CHANCOURTOIS.
M. DE LAPPARENT.
M. DELAIRE.
M. PELLAT.
M. PARRAN.
M. P. FISCHER.
M. BENOÎT.
M. POMEL.

Commissions.

Bulletin : MM. GAUDRY, DE LAPPARENT, DELAIRE, SAUVAGE, PELLAT.
Mémoires : MM. JANNETTAZ, HÉBERT, GAUDRY.
Comptabilité : MM. DE ROYS, MOREAU, FERRAND DE MISSOL.
Archives : MM. TOURNOUËR, GERVAIS, PELLAT.

Table des articles contenus dans les feuilles 15-19 (1876-1877).



PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ

Bulletin. — Les Membres n'ont droit de recevoir que les volumes des années pour lesquelles ils ont payé leur cotisation. Ils ne peuvent se procurer les autres qu'en les payant (Art. 58 du règl.).

La 1re *série* est composée de 14 vol. (1830-1843), qui, pris séparément, se vendent :

	Aux Membres.	Au public.		Aux Membres.	Au public.
Le t. I, épuisé.			Le t. VIII	5 fr.	8 fr.
Le t. II	20 fr.	28 fr.	Le t. IX	10	16
Le t. III	30	40	Les t. X et XI, chacun..	5	8
Les t. IV, V et VI, épuisés.			Les t. XII et XIII, chac.	20	28
Le t. VII	10	16	Le t. XIV	5	8

La 2e *série* (1844-1872) comprend 29 volumes. Son prix est de 400 fr. *pour les Membres*, et de 500 fr. *pour le public*. Pris séparément, les volumes se vendent :

	Aux Membres.	Au public.		Aux Membres.	Au public.
Le t. I ne se vend pas séparément			Le t. XX	20 fr.	40 fr.
Les t. II, III et IV, chacun	30 fr.	50 fr.	Les t. XXI à XXVII, chacun	10	30
Le t. V	20	40	Le t. XXVIII	5	30
Les t. VI à XVIII, chacun.	10	30	Le t. XXIX	10	30
Le t. XIX	30	50			

Table des XX premiers volumes du Bulletin (2e série) { Prix, pour les Membres : 4 fr. — pour le public 7

La 3e *série* est en cours de publication.

	Aux Membres.	Au public.		Aux Membres.	Au public.
Le t. I	10 fr.	30 fr.	Le t. III	10 fr.	30 fr.
Le t. II	10	30	Le t. IV	10	30

Le *Bulletin* s'échange contre des publications scientifiques périodiques.

Mémoires. — 1re *série*, 5 vol. in-4° (1833-1843). — La 1re partie du t. I est *épuisée*. — La 2e partie du t. II, la 1re du t. III, la 2e du t. IV et la 2e du t. V *ne se vendent pas séparément*. — Le prix de la 1re partie du t. II, et de la 2e du t. III est de 10 fr. pour les Membres, et de 15 fr. pour le public. — Celui de la 1re partie des t. IV et V est de 12 fr. pour les Membres, et de 18 fr. pour le public.

2e *série*, en cours de publication, 10 vol. in-4° (1844-1875). — Le prix de la collection (moins la 1re partie du t. I *épuisée*) est de 160 fr. pour les Membres, de 300 fr. pour le public. Les t. I, 2e partie, et II, 1re et 2e part., ne se vendent pas séparément. Le prix des autres demi-volumes des t. III à VI est de 8 fr. pour les Membres, de 15 fr. pour le public. — Les mémoires publiés dans les t. VII, VIII, IX et X se vendent :

	Aux Membres.	Au public.		Aux Membres.	Au public.
T. VII. — Mémoire n° 1	5 fr.	8 fr.	T. IX. — Mémoire n° 2	1 50	2 50
Mémoire n° 2	7	13	Mémoire n° 3	5	10
Mémoire n° 3	8	15	Mémoire n° 4	4	8
T. VIII. — Mémoire n° 1	8	15	Mémoire n° 5	7	12
Mémoire n° 2	6	11	T. X. — Mémoire n° 1	5	10
Mémoire n° 3	8	17	Mémoire n° 2	5	10
T. IX. — Mémoire n° 1	8	15	Mémoire n° 3	6 50	12

Histoire des Progrès de la Géologie.

	Aux Membres.	Au public.		Aux Membres.	Au public.
Collection, moins le t. 1er qui est épuisé...	60 fr.	80 fr.	Tome II, 2e partie...	5 fr.	8 fr.
Tome I, épuisé.			Tomes III à VIII, chac.	5	8
— II, 1re partie, ne se vend pas séparément.					

Adresser les envois d'argent, les demandes de renseignements et les réclamations à M. le Trésorier, rue des Grands-Augustins, 7.

Meulan, imprimerie de A. Masson.